



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.998.3

(01/2005)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Цифровые участки и система цифровых линий –
Сети доступа

**Соединение по нескольким парам
с использованием инверсного
мультиплексирования с временным
разделением**

Рекомендация МСЭ-Т G.998.3

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G

СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
Общие положения	G.900–G.909
Параметры волоконно-оптических кабельных систем	G.910–G.919
Цифровые участки с иерархической скоростью передачи, основанной на скорости передачи 2048 кбит/с	G.920–G.929
Цифровые линейные системы передачи по кабелю с неиерархической скоростью передачи	G.930–G.939
Цифровые линейные системы, обеспечиваемые службами передачи данных с ЧРК	G.940–G.949
Цифровые линейные системы	G.950–G.959
Цифровые участки и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС	G.960–G.969
Волоконно-оптические подводные кабельные системы	G.970–G.979
Оптические линейные системы для местных сетей и сетей доступа	G.980–G.989
Сети доступа	G.990–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
ETHERNET И АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ СООБЩЕНИЙ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т G.998.3

Соединение по нескольким парам с использованием инверсного мультиплексирования с временным разделением

Резюме

В настоящей Рекомендации приведено описание метода соединения нескольких цифровых абонентских линий (DSL) с использованием инверсного мультиплексирования с временным разделением (TDIM). Настоящая Рекомендация содержит достаточно подробную спецификацию протокола TDIM, позволяющую разрабатывать и испытывать функционально совместимые реализации передатчиков и приемников. Спецификация охватывает формат кадра синхронизации нескольких пар, канал связи соединения (BCC), побайтовую диспетчеризацию, добавление и удаление пар без нарушения, быстрое удаление пары после ее отказа, использование установления связи для обнаружения пары согласно IEEE 802.3ah, согласование и установку параметров, а также необязательные FEC и перемежитель.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.998.3 утверждена 13 января 2005 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т A.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соблюдение положений данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т. п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ.

© ITU 2005

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Область применения	1
2 Ссылки	1
3 Определения	2
4 Сокращения, акронимы и символы	2
5 Поток данных	3
6 Синхронизация нескольких пар.....	4
6.1 Введение	4
6.2 Формат кадра.....	4
6.3 Конечный автомат синхронизации нескольких пар.....	7
7 Диспетчеризация	10
7.1 Принципы	10
7.2 Алгоритм	10
7.3 Псевдокод	10
8 Дифференциальная задержка.....	12
9 Тактовая синхронизация.....	12
9.1 Область применения.....	12
9.2 Синхронизация службы TDM и передача синхронизации	13
9.3 Синхронизация на уровне агрегации	13
9.4 Синхронизация пары	14
10 Инкапсуляция службы	14
10.1 Эталонная модель	14
10.2 Мультиплексор служб	15
10.3 Асинхронные службы	18
10.4 Стаффинг службы TDM.....	22
11 FEC и перемежитель	24
11.1 FEC.....	24
11.2 Перемежитель	27
12 Процессы.....	28
12.1 Управление парами и контроль пар.....	28
12.2 Управление группой агрегации и контроль за ней.....	31
12.3 Процедуры.....	33
13 Канал связи соединения (BCC) TDIM.....	38
13.1 Введение	38
13.2 События	39
13.3 Сообщения.....	41

14	Процедура установления связи.....	53
14.1	Обзор.....	53
14.2	Кодовая точка соединения Npar(2)	54
14.3	Обнаружение пары	54
15	Контроль рабочих характеристик.....	54
	Приложение А – Подстройка скорости модема	55
A.1	Введение	55
A.2	Принципы работы	56
A.3	Координация работы VTU-C и VTU-R	57
A.4	Формат кадра.....	57
A.5	Операция подстройки скорости модема.....	58
	Дополнение I – Примеры тактовой синхронизации.....	59
I.1	Домены синхронизации	59
I.2	Адаптация скоростей между доменами синхронизации.....	60
I.3	Режимы работы с синхронизацией	60
I.4	Примеры	61
	Дополнение II – Объекты управления.....	64

Соединение по нескольким парам с использованием инверсного мультиплексирования с временным разделением

1 Область применения

В настоящей Рекомендации определяется функция соединения для метода соединения на основе TDM, цель которого заключается в обеспечении инверсного мультиплексирования потоков данных различных служб (Ethernet, ATM, TDM) по нескольким физическим каналам DSL и восстановлении первоначального потока из этих физических каналов на удаленном конце.

Настоящая Рекомендация содержит достаточно подробную спецификацию протокола TDM, позволяющую разрабатывать и испытывать взаимодействующие реализации передатчиков и для приемников. Она охватывает:

- 1) Формат кадра синхронизации нескольких пар.
- 2) Канал связи соединения (BCC).
- 3) Алгоритм диспетчеризации.
- 4) Добавление и удаление пар без нарушения.
- 5) Быстрое удаление пары после ее отказа.
- 6) Использование установления связи для обнаружения пары согласно IEEE 802.3ah, согласование и установки параметров.

В настоящей Рекомендации определяется новый TPS-TC для DSL-приемопередатчиков. С точки зрения архитектуры этот TPS-TC должен находиться выше PMS-TC (на альфа/бета-интерфейсе) существующих или будущих DSL-приемопередатчиков. Практически точно такой же результат может быть получен путем размещения нового TPS-TC, определенного в настоящей Рекомендации, сверху полного канала или STM TPS-TC, как определено в существующих Рекомендациях по DSL.

2 Ссылки

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылки на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других источников, перечисленных ниже. Список действующих в настоящее время Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [1] ITU Recommendation G.704 (1998), *Synchronous frame structures used at 1544, 6312, 2048, 8488 and 44 736 kbit/s hierarchical levels*.
- [2] ITU-T Recommendation G.7041/Y.1303 (2003), *Generic framing procedure (GFP)*.
- [3] ITU-T Recommendation G.991.2 (2003), *Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers*.
- [4] ITU-T Recommendation G.992.1 (1999), *Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers*.
- [5] ITU-T Recommendation G.992.3 (2005), *Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers 2 (ADSL2)*.
- [6] ITU-T Recommendation G.993.1 (2004), *Very-high-speed digital subscriber line transceivers*.
- [7] Рекомендация МСЭ-Т G.994.1 (2003 г.), *Процедуры установления соединения для приемопередатчиков цифровой абонентской линии (DSL)*.

- [8] ITU-T Recommendation I.432.1 (1999), *B-ISDN user-network interface – Physical layer specification: General characteristics*.
- [9] IEEE 802.3ah (2004), *Telecommunications and Information Exchange Between Systems – LAN/MAN – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications, Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Product Type*.

3 Определения

В настоящей Рекомендации не требуются дополнительные определения.

4 Сокращения, акронимы и символы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

АЦАЛ	Асимметричная цифровая абонентская линия
ANSI	Американский национальный институт стандартов
ATIS	Альянс для решения технических проблем в области связи
ATM	Асинхронный режим передачи
BCC	Канал связи соединения
bps	бит в секунду
BTU-C	Оконечный блок соединения на стороне СО
BTU-R	Оконечный блок соединения на стороне RT (или CPE)
BW	Полоса пропускания
Clk	Синхронизация; синхросигнал
CPE	Оборудование, установленное в помещениях пользователя
CO	Центральная АТС
CRC	Циклический контроль ошибок по избыточности
DS1	Цифровой сигнал 1, (1,544 Мбит/с)
DS3	Цифровой сигнал 3, (44,736 Мбит/с)
DSL	Цифровая абонентская линия
E1	Сигнал электрического интерфейса уровня 1 со скоростью передачи 2,048 Мбит/с
E3	Сигнал электрического интерфейса уровня 3 со скоростью передачи 34,368 Мбит/с
EFM	Ethernet на первой миле
enum	Перечисляемый (тип)
EOC	Встроенный информационный канал связи
FCS	Последовательность проверки кадра
FE	Удаленный конец
FEC	Упреждающее исправление ошибок
GF	Поле Галуа
GFP	Общая процедура формирования кадров
HEC	Контроль ошибок в заголовке

HS	Установление связи
IEEE	Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IL	Переमेжителъ
IMA	Инверсное мультиплексирование для АТМ
МСЭ-Т	Международный союз электросвязи – Сектор стандартизации электросвязи
кбит/с	килобит в секунду
LSB	Младший бит/байт
Мбит/с	мегабит в секунду
MSB	Старший бит/байт
MUX	Мультиплексор
NE	Ближний конец
NS	Количество служб
PLI	Идентификатор длины пакета
PM	Средство контроля рабочих характеристик
PMI	Независимый от физической среды
PSD	Спектральная плотность мощности
RS	(Код) Рида–Соломона
RT	Удаленный терминал
rx	Прием/приемник
СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SF	Суперкадр
SHDSL	Высокоскоростная цифровая абонентская линия по одной паре
STM	Синхронный режим передачи
TC	Подуровень сходимости передачи
TDIM	Инверсное мультиплексирование с временным разделением
TDM	Мультиплексирование с временным разделением
TPS-TC	Подуровень сходимости передачи для транспортного протокола
Tx	Передача/передатчик
uint 8	Целое число без знака длиной 8 битов
uint 16	Целое число без знака длиной 16 битов
UTC	Невозможность выполнения
VDSL	Сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия

5 Поток данных

На рисунке 1 представлена модель потока данных, которая определяется в этом предлагаемом тексте. Данные различных служб инкапсулируются в один поток данных. Затем этот поток данных может быть факультативно (необязательно) подвергнут упреждающему исправлению ошибок и потом передан (с инверсным мультиплексированием) через несколько пар модемов.

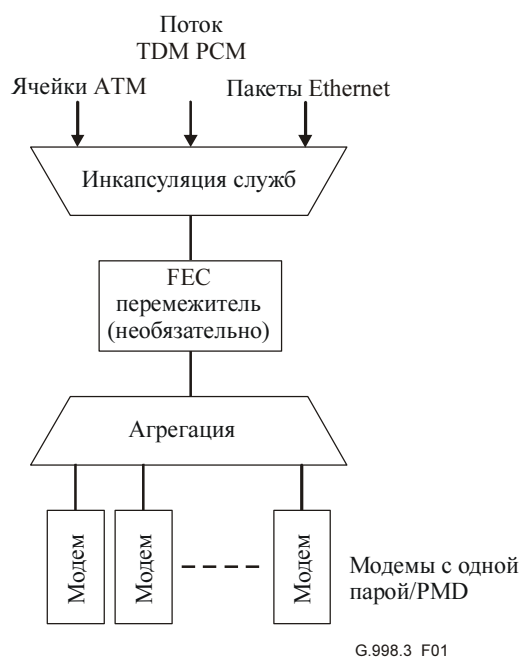


Рисунок 1/G.998.3 – Модель потока данных

Модель потока данных с использованием подстройки скорости модема иллюстрируется в Приложении А.

6 Синхронизация нескольких пар

6.1 Введение

Синхронизация группы агрегации по нескольким парам осуществляется на уровне агрегации независимо от расположенного ниже физического уровня. При инверсном мультиплексировании с временным разделением (TDIM) соединение использует формат суперкадра для синхронизации нескольких пар, как описано ниже.

6.2 Формат кадра

Кадр синхронизации нескольких пар, который называется суперкадром, состоит из объектов с меньшей длиной. На рисунке 2 приведено описание формата кадра в суперкадре. Обратите внимание на то, что, где это применимо, старшие биты/байты (MSB) всегда передаются первыми, а младшие биты/байты (LSB) – последними.

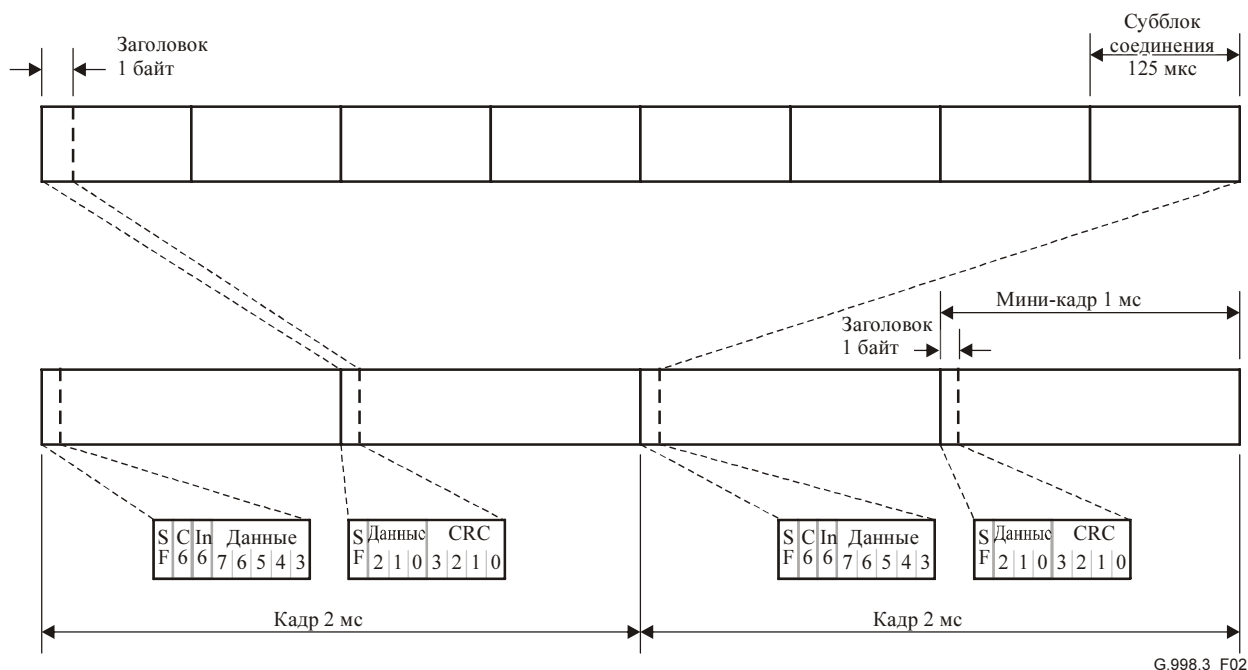


Рисунок 2/G.998.3 – Синхронизация нескольких пар – Формат кадра

6.2.1 Субблок соединения и мини-кадры

Субблок соединения имеет фиксированный период, составляющий 125 мкс. Длительность субблока 125 мкс соответствует скорости 8 кбит/с.

Мини-кадр содержит 8 субблоков соединения, его период составляет 1 мс. Начало мини-кадра синхронизировано с началом субблока соединения. Первый байт каждого мини-кадра (в каждой паре DSL) используется в качестве заголовка. Заголовок мини-кадра используется для указания начала суперкадра и передачи событий и сообщений удаленному концу.

Количество битов в каждом субблоке зависит от местоположения субблока, числа соединяемых пар и общей скорости передачи данных по всем соединенным парам.

Количество битов полезной нагрузки соединения, которые передаются каждым из последних 7 субблоков соединения каждого мини-кадра, равно $N(Rate) = Rate/8$ кбит/с, где:

- $N(Rate)$ – количество битов в каждом субблоке, которое зависит от суммарной скорости передачи данных по каналу.
- $Rate$ – суммарная скорость передачи данных по всем парам, измеренная в битах в секунду [бит/с].

Количество битов полезной нагрузки соединения, передаваемых первым субблоком соединения в каждом мини-кадре, равно $N(Rate) - 8M$, где M – число отдельных пар в системе соединения.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если используется подстройка скорости (см. Приложение А), то:

Количество битов, доступных для полезной нагрузки соединения в первом субблоке соединения каждого мини-кадра, равно $N(Rate) - 16M$.

Количество битов, доступных для полезной нагрузки соединения в 8-м субблоке соединения каждого мини-кадра, равно $N(Rate) + 8\Delta$, где $\Delta = \sum_{i=1..M} \Delta_i$, а каждая Δ_i зависит от изменения скорости по i -й паре, она может принимать значения $-1, 0, 1, 2$. Кроме того, каждая Δ может принимать различные значения в каждом мини-кадре (подробное описание приведено в Приложении А).

6.2.2 Кадр

Кадр состоит из 2 мини-кадров, поэтому его период равен 2 мс. В каждом кадре имеется 16 битов заголовка, по одному биту в каждом мини-кадре. Описание формата заголовка кадра приведено на рисунке 3.

Каждый заголовок кадра имеет 6 ожидаемых битов, которые известны заранее (биты суперкадра (SF), биты циклического контроля ошибок по избыточности (CRC)). Ошибка в этих битах используется для распознавания отказа пары.

10 (десять) последовательные кадры с ошибками CRC или неправильными битами SF по определенной паре должны использоваться для того, чтобы объявить эту пару поврежденной.

На рисунке 3 определено содержание полей заголовка кадра.

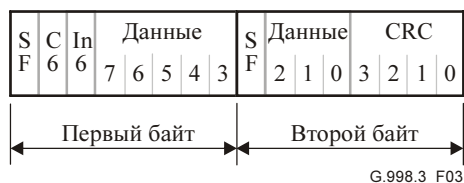


Рисунок 3/G.998.3 – Формат заголовка кадра

- SF (индикация суперкадра) – Указывает начало суперкадра. Этот бит находится в начале каждого мини-кадра. Он должен быть установлен на "1" в первом мини-кадре в суперкадре, в противном случае он должен быть установлен на "0".
- C6 (код циклического контроля ошибок по избыточности) – Поле CRC-6 суперкадра состоит из шести C6 битов C6[5:0], которые являются частью каждого кадра. Поле CRC-6 рассчитывается по всем данным нескольких пар, которые были переданы в течение предыдущего суперкадра (за исключением служебных данных заголовка кадра и служебных данных подстройки скоростей модемов, если они используются). Это поле используется для обнаружения ошибок в данных в определенном суперкадре. Кодирование этих шести битов определяется образующим полиномом $G(x) = x^6 + x + 1$ (см. Рекомендацию МСЭ-Т G.991.2 "Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers"). С математической точки зрения значение CRC, соответствующее данному суперкадру, определяется следующей процедурой:
 - Первые 6 битов суперкадра дополняются.
 - Затем N битов суперкадра рассматриваются как коэффициенты полинома $M(x)$ степени N-1 (Первый бит суперкадра соответствует члену $x^{(N-1)}$, а последний бит суперкадра – члену x^0).
 - $M(x)$ умножают на x^6 и делят на $G(x)$, получая остаток $R(x)$ пятой степени.
 - Коэффициенты $R(x)$ рассматриваются как 6-битовая последовательность.
 - Последовательность битов дополняют и в результате получают CRC.
 - 6 битов значения CRC помещают в биты C6 в служебные данные следующего суперкадра так, чтобы член x^5 (C6[5]) находился в первом кадре суперкадра, а член x^0 (C6[0]) – в последнем кадре этого суперкадра. Таким образом, биты CRC передаются в следующем порядке: $x^5, x^4, \dots, x^1, x^0$.
- In6 – Шесть битов, по одному биту на кадр, которые образуют поле SF из шести битов индикации In6[5:0].
 - Бит индикации In6[5], который передается в первом кадре SF, называется M/E и используется для индикации сообщения/события. Он указывает значение битов данных Data[7:0]. M/E = "0" означает, что биты Data[7:0] являются частью события, M/E = "1" означает, что биты Data[7:0] являются частью сообщения.
 - Бит индикации In6[4] принимает различные значения в зависимости от того, передан ли он окончательным блоком соединения на стороне центральной АТС (CO) (BTU-C) или окончательным блоком соединения на стороне удаленного терминала (RT) (BTU-R):

- BTU-R: In6[4] = "1" указывает, что уровень агрегации BTU-R может работать в основном режиме агрегации без использования механизма подстройки скорости модема.
- BTU-C: In6[4] = "1" определяет работу BTU-R в основном режиме агрегации без использования механизма подстройки скорости модема.
- Бит индикации In6[3] принимает различные значения в зависимости от того, передается он BTU-C или BTU-R:
 - BTU-R: In6[3] = "1" указывает, что уровень агрегации BTU-R может работать с использованием подстройки скорости модема.
 - BTU-C: In6[3] = "1" определяет работу BTU-R с использованием механизма подстройки скорости модема.
- Биты индикации In6[2:0] зарезервированы для использования в будущем, в настоящее время они установлены равными "1".
- Data [7:0] – Байт данных, который составляет часть события или сообщения (см. п. 12.3) согласно биту M/E.
- CRC[3:0] (код циклического контроля ошибок по избыточности) – Четыре бита, присвоенных коду CRC. CRC-4 (см. п. 2.3.3.5/G.704), должны формироваться для каждого заголовка кадра (за исключением поля CRC-4) и передаваться в поле CRC. Кодирование четырех битов определяется образующим полиномом $G(x) = x^4 + x + 1$. С математической точки зрения значение CRC-4, соответствующее данному заголовку кадра, определяется следующей процедурой:
 - Первые 4 бита заголовка кадра дополняются.
 - Затем 12 битов заголовка кадра рассматриваются как коэффициенты полинома $M(x)$ степени 11. Первый бит заголовка кадра соответствует члену x^{11} , а последний бит заголовка – члену x^0 .
 - $M(x)$ умножают на x^4 и делят на $G(x)$, что дает остаток $R(x)$ третьей степени.
 - Коэффициенты $R(x)$ рассматриваются как 4-битовая последовательность.
 - Последовательность битов дополняют и в результате получают поле CRC.
 - 4 бита значения CRC помещают в поле CRC заголовка кадра так, чтобы член x^3 находился в самом левом бите поля CRC, а член x^0 – в самом правом бите поля CRC. Таким образом, биты CRC передаются в порядке x^3, x^2, x^1, x^0 .

6.2.3 Суперкадр (SF)

Суперкадр образуется 6 кадрами, его период составляет 12 мс.

Суперкадр используется для синхронизации всех соединяемых пар и формирования кадров для событий и сообщений канала связи соединения (BCC).

Суперкадр имеет поле CRC-6, состоящее из шести битов C6, которые являются частью каждого кадра. Поле CRC-6 рассчитывается по всем данным нескольких пар, которые были переданы в течение предыдущего суперкадра, и используется для обнаружения ошибок данных в определенном суперкадре. Эта информация используется для текущего контроля рабочих характеристик соединяемых пар.

6.3 Конечный автомат синхронизации нескольких пар

На рисунке 4 показан конечный автомат синхронизации нескольких пар с состояниями и переходами между состояниями. Состояния и переходы между состояниями определяются ниже.

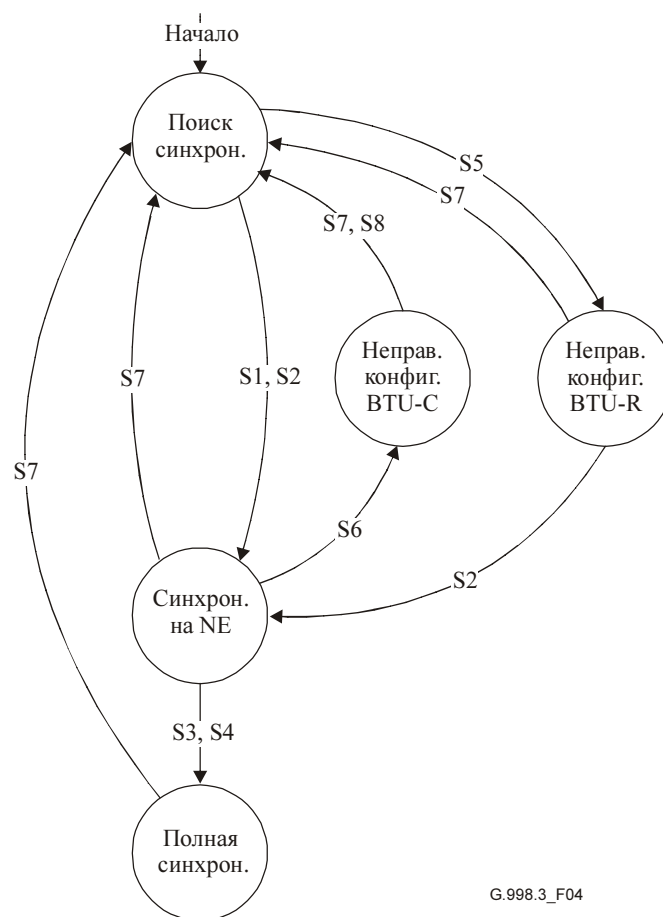


Рисунок 4/G.998.3 – Конечный автомат синхронизации нескольких пар

6.3.1 Состояния

Таблица 1/G.998.3 – Определение состояний конечного автомата синхронизации нескольких пар

Состояние	Определение	Действия приемника	Действия передатчика	Переходы
Sync hunt (поиск синхронизации)	Пара синхронизируется путем поиска кадровой синхронизации группы агрегации, декодирования событий evSync и компенсации различий задержки относительно других пар в группе агрегации	Поиск заголовков кадров, декодирование событий evSync	Передача событий evSync с: - Value[0] – означает отсутствие синхронизации (0x00) - Value[1] – номер пары в BTU-C и 0xFF в BTU-R - Value[2] – номер группы агрегации в BTU-C и 0xFF в BTU-R	[S1], [S2] в состояние "NE Sync" [S5] в состояние "Wrong Config BTU-R"

**Таблица 1/G.998.3 – Определение состояний конечного автомата синхронизации
нескольких пар**

Состояние	Определение	Действия приемника	Действия передатчика	Переходы
NE sync (синхронизация на NE)	Ближний конец (NE) синхронизирован с группой агрегации	BTU-C ожидает, когда BTU-R примет состояние "NE sync" (на которое указывает Value[0] = 0x01 в полученном сообщении evSync). BTU-R ожидает, когда BTU-C примет состояние "Full Sync" (на которое указывает получение событий, отличных от evSync)	Передача событий evSync с: - Value[0] – означает синхронизацию на NE (0x01) - Value[1] – номер пары - Value[2] – номер группы агрегации BTU-R берет номер пары и номер группы агрегации из событий, полученных от BTU-C	[S3], [S4] в состояние "Full Sync" [S6] в состояние "Wrong Config BTU-C" [S7] в состояние "Sync Hunt"
Wrong config BTU-C (неправильная конфигурация BTU-C)	Это состояние только BTU-C. BTU-R не может получить номер группы агрегации или номер пары	Нет	Передача событий evSync с: - Value[0] – синхронизация на NE (0x01) - Value[1] – номер пары - Value[2] – номер группы агрегации	[S7], [S8] в состояние "Sync Hunt"
Wrong config BTU-R (неправильная конфигурация BTU-R)	Это состояние только BTU-R. Сформирована неправильная конфигурация: BTU-R уже подключен к другой группе агрегации или присвоенный этой паре номер пары уже используется BTU-R	Ожидает событий evSync с другим номером группы агрегации или другим номером пары	Передача событий evSync с: - Value[0] – Wrong Config (0x80 или 0x81) - Value[1] – номер пары - Value[2] – номер группы агрегации BTU-R передает свой номер пары и номер группы агрегации	[S2] в состояние "NE Sync" [S7] в состояние "Sync Hunt"
Full sync (полная синхронизация)	Эта пара синхронизирована с группой агрегации на обоих концах. Ее можно добавить к группе агрегации, используя процедуру изменения синхронизации	Принимает такие же сообщения или события, что и другие пары в группе агрегации	Передаёт такие же сообщения или события, что и другие пары в группе агрегации	[S7] в состояние "Sync Hunt"

6.3.2 Условия перехода

- [S1] В BTU-C: Три последовательных суперкадра, декодированные с одним и тем же событием evSync без ошибок.
- [S2] В BTU-R: Три последовательных суперкадра, декодированные с одним и тем же событием evSync без ошибок, с допустимым номером группы агрегации (равным номеру группы агрегации, полученному другими синхронизированными парами, если они существуют) и с допустимым номером пары (не используемым другой синхронизированной парой).
- [S3] В BTU-C: Прием события evSync с индикацией "NE Sync" (Value[0] = 0x01) от BTU-R.
- [S4] В BTU-R: Прием допустимого суперкадра, который не является событием evSync.
- [S5] В BTU-R: Три последовательных суперкадра были декодированы с одним и тем же событием evSync без ошибок, но с недопустимым номером группы агрегации (отличным от номера группы агрегации, уже декодированного BTU-R от ранее синхронизированных пар) или с недопустимым номером пары (т.е. с уже использованным синхронизированной парой).
- [S6] В BTU-C: Прием события evSync с индикацией от BTU-R "Wrong Config" (Value[0] = 0x80 или 0x81).
- [S7] 10 (десять) последовательных кадров с ошибками (неверная CRC-4 или неправильные биты SF).
- [S8] В BTU-C: Управляющее решение восстановить синхронизацию этой пары с другим номером группы агрегации и/или другим номером пары.

7 Диспетчеризация

7.1 Принципы

Диспетчер назначает биты потока данных, поступающие с уровня инкапсуляции (или от устройства предупреждающего исправления ошибок (FEC)/перемежителя), который фактически разделен на "субблоки соединения" (см. рисунок 2), каждой паре в группе агрегации.

7.2 Алгоритм

Алгоритм диспетчеризации повторяется через каждый субблок соединения (125 мкс). Алгоритм диспетчеризации просматривает все биты, содержащиеся в субблоке соединения, по порядку от первого до последнего бита. Алгоритм диспетчеризации просматривает все пары в порядке их логического номера в группе агрегации и назначает парам биты из субблока соединения. Каждой паре назначается n_i ($n_i = Rate_i/8 \text{ кбит/с}$) битов, причем первые биты в каждом мини-кадре используются в качестве битов заголовка, а не в качестве битов данных.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для систем соединений, в которых реализовано Приложение А, в 8-м субблоке соединения каждого мини-кадра может иметь место небольшое отклонение от n_i . Подробное описание дается в Приложении А и в приведенном ниже псевдокоде диспетчеризации.

7.3 Псевдокод

Приведенный ниже псевдокод определяет алгоритм диспетчеризации:

```
Sub_Block_Counter = 1
Repeat every 125 μs {
    Bonding_Sub_Block_Bit = 1
    For Pair_Number = 1: Number_of_Pairs {
        If (Bonding_Sub_Block_Bit == 8 and Rate_Matching_Flag == 2) {
```

```

    Read  $\Delta_{Pair\_Number}$ 
}
else{
 $\Delta_{Pair\_Number}=0$ ;
}

    Bit_Counter = 1
    For Bit_Counter = 1:  $n_{Pair\_Number}+8*\Delta_{Pair\_Number}$  {
        If (Sub_Block_Counter==1 and Bit_Counter<=8*Rate_Matching_Flag) {
            Send_Header (Bit_Counter, Pair_Number)
        }
        else {
            Send_Data (Bonding_Sub_Block_Bit, Pair_Number)
            Bonding_Sub_Block_Bit++
        }
    }
}
Sub_Block_Counter++
If (Sub_Block_Counter > 8) {
    Sub_Block_Counter = 1
}
}

```

где:

<i>Sub_Block_Counter</i>	Положение данного субблока в мини-кадре.
<i>Bonding_Sub_Block_Bit</i>	Индекс следующего бита в субблоке соединения, который должен передаваться.
<i>Pair_Number</i>	Индекс текущей пары (ее логический номер в группе агрегации).
<i>Number_of_Pairs</i>	Количество пар, которые в текущий момент передают данные в этой группе агрегации.
<i>Bit_Counter</i>	Счетчик битов, уже переданных по текущей паре.
n_i	(Базовое) количество битов, назначенных i -й паре.
Δ_i	Отличие (в байтах) от n_i (отличается от нуля только для реализаций Приложения А).
<i>Rate_Matching_Flag</i>	1, если подстройка скорости не используется, 2, если подстройка скорости используется.
<i>Send_Header</i> (k, j)	Функция, которая передает бит k заголовка мини-кадра j -й паре.
<i>Send_Data</i> (k, j)	Функция, которая передает бит k субблока соединения j -й паре.

8 Дифференциальная задержка

Структура формирования кадров уровня агрегации допускает дифференциальную задержку между самой быстрой и самой медленной парами в 6 мс; однако система TDIM соединения должна допускать дифференциальную задержку, составляющую всего 2 мс.

9 Тактовая синхронизация

9.1 Область применения

В этом пункте определяются требования тактовой синхронизации между BTU-C и BTU-R на соответствующих уровнях и во временных доменах: служба (TDM), агрегация и модемы.

На рисунке 5 показаны временные домены в системе соединения и генераторы, которые синхронизируют эти временные домены.

Направления от BTU-C к BTU-R и от BTU-R к BTU-C являются независимыми, поэтому имеются 4 независимых генератора:

- Синхросигналы всех служб мультимплексирования с временным разделением (TDM) передаются из BTU-C в BTU-R(1) с помощью генератора временного домена агрегации, используя стаффинг. Синхронизация службы TDM восстанавливается в BTU-R по синхронизации временного домена агрегации путем удаления стаффинга.
- Синхросигнал временного домена агрегации BTU-C(2) передается по модемам плезиохронным способом. Синхронизация временного домена агрегации BTU-R восстанавливается по модемам.
- Синхросигнал временного домена агрегации BTU-R(3) передается по модемам плезиохронным способом. Синхронизация временного домена агрегации BTU-C восстанавливается по модемам.
- Синхросигналы всех служб TDM передаются из BTU-R в BTU-C(4) с помощью генератора временного домена агрегации, используя стаффинг. Синхронизация службы TDM восстанавливается в BTU-C по синхроимпульсам временного домена агрегации путем удаления стаффинга.

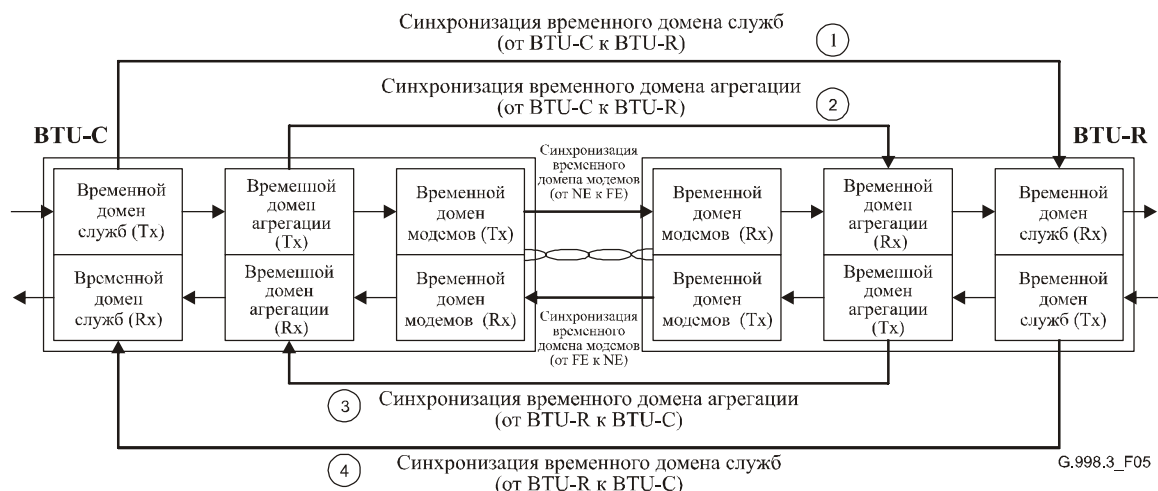


Рисунок 5/G.998.3 – Равноранговые временные домены и тактовая синхронизация

На рисунке 6 показана эталонная модель тактовой синхронизации. Из рисунка видно, что данные/синхронизация между уровнем агрегации и модемами синхронизируются по временному домену агрегации. Однако каждый модем может использовать различную линейную синхронизацию (т. е. временной домен модемов) и передавать данные и синхронизацию с уровня агрегации,

используя стаффинг (аналогично способу, описанному в Рекомендации МСЭ-Т G.991.2 и используемому в асимметричной цифровой абонентской линии (АЦАЛ)).

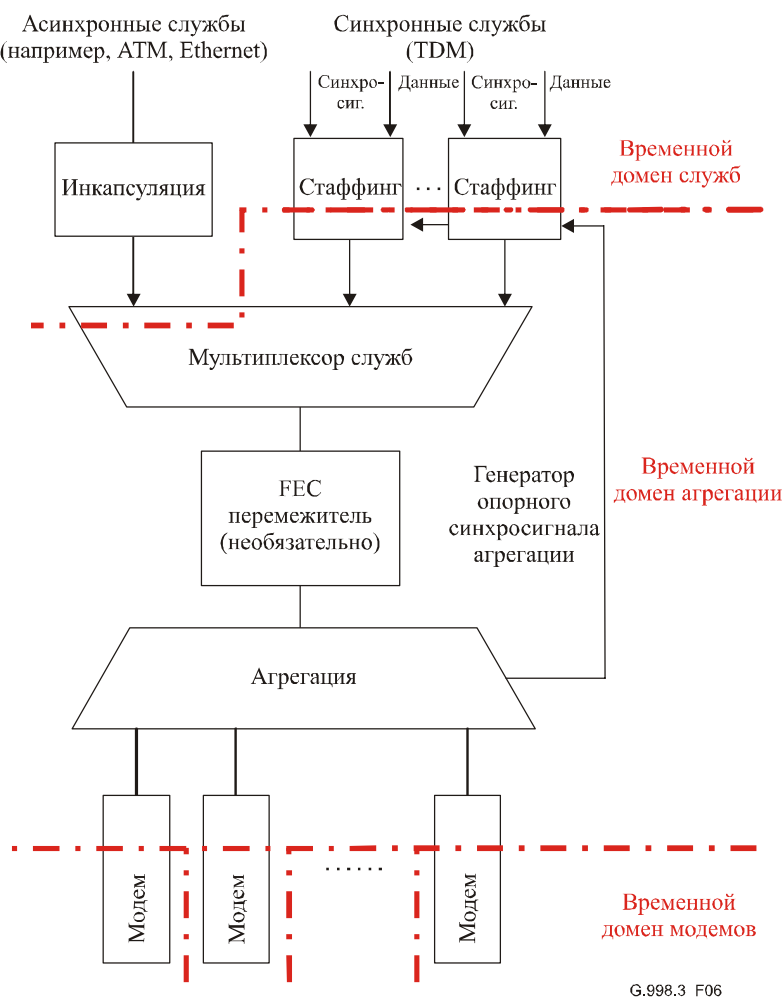


Рисунок 6/G.998.3 – Эталонная модель тактовой синхронизации

Тактовая синхронизация при использовании механизма подстройки скорости модема описана в Приложении А.

9.2 Синхронизация службы TDM и передача синхронизации

Данные и синхронизация каждой службы TDM (например, цифровой сигнал 1 (DS1) (1,544 Мбит/с), сигнал электрического интерфейса уровня 1 (E1) (2,048 Мбит/с)) передаются от ближнего конца (NE) к удаленному концу (FE). Плезиохронные службы передаются от NE к FE путем добавления стаффинга на NE и удаления стаффинга на FE. Стаффинг производится относительно опорного синхросигнала агрегации, который синхронизирует уровни агрегации BTU-C и BTU-R. Более подробное описание приведено в п. 10.4.

9.3 Синхронизация на уровне агрегации

Уровень агрегации в приемнике BTU-R отключен и синхронизируется по уровню агрегации в передатчике BTU-C. Уровень агрегации в приемнике BTU-C отключен и синхронизируется по уровню агрегации в передатчике BTU-R.

Уровень агрегации формирует опорный синхросигнал агрегации, который является генератором опорного синхросигнала для временного домена агрегации.

Требуется следующее:

- Уровень агрегации должен быть синхронизирован с FE, пока в группе агрегации остается не менее 1 (одной) пары.
- В случае потери или отключения синхронизации ее восстановление должно производиться так, чтобы служба простаивала не более 50 мс.

Цель заключается в следующем:

- Уровень агрегации не должен терять синхронизацию с FE даже в случаях отказа пары, если в группе агрегации остается не менее 1 (одной) пары.

9.4 Синхронизация пары

Все пары, участвующие в группе агрегации, должны иметь одинаковую синхронизацию данных, поступающую с уровня агрегации.

Синхронизация пар при подстройке скорости модема описана в Приложении А.

В настоящей Рекомендации не определяется способ синхронизации пар.

Требуется, чтобы:

- в случае потери синхронизации в одной паре другие пары в группе агрегации не теряли синхронизацию.

10 Инкапсуляция службы

10.1 Эталонная модель

Уровень инкапсуляции выполняет следующие функции:

- Добавление информации стаффинга в каждую службу TDM для обеспечения точной передачи синхронизации для каждой службы TDM.
- Инкапсуляция полезной нагрузки службы, в которой используются кадры (например, кадр Ethernet в случае службы Ethernet), чтобы приемник мог определить начало и конец полезной нагрузки (только для тех служб, где это применимо, например для Ethernet).
- Распределение потоков данных служб в N битов субблоков соединения, имеющих длительность 125 мкс (см. п. 6.2.1).

На рисунке 7 показан поток различных служб (Ethernet, ATM, TDM и общей процедуры формирования кадров (GFP)) через уровень инкапсуляции на уровень агрегации.

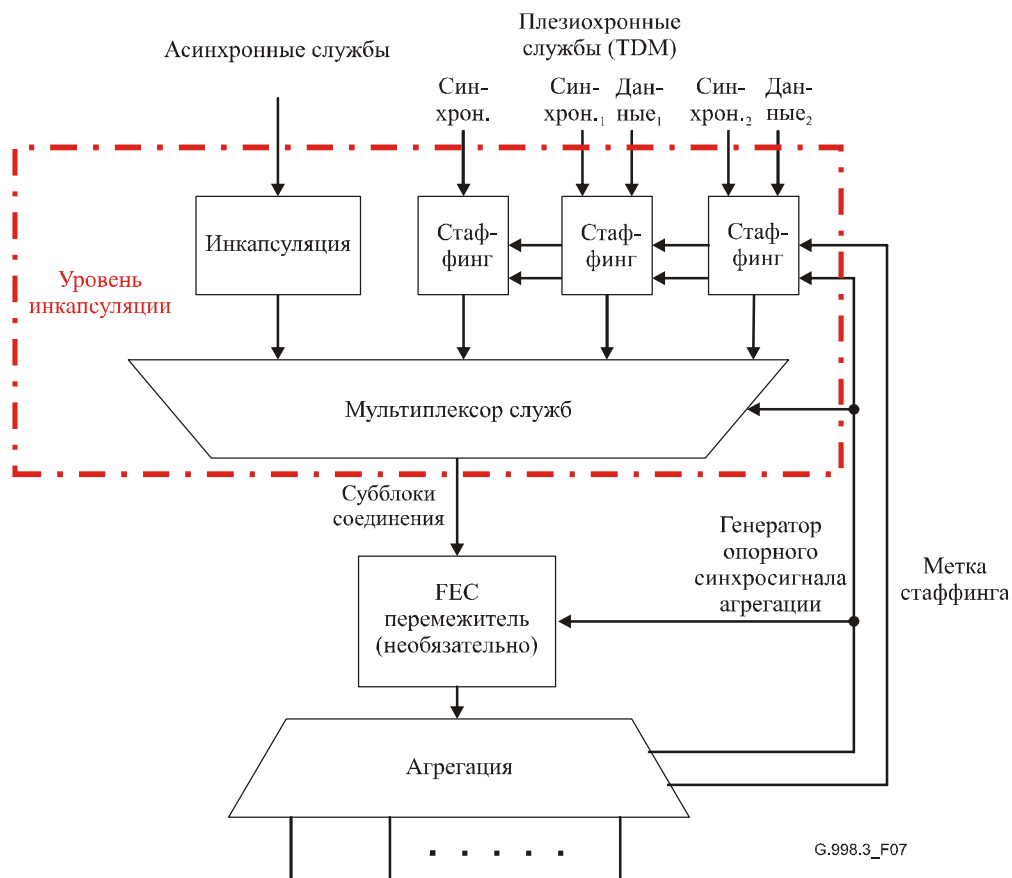


Рисунок 7/G.998.3 – Эталонная модель инкапсуляции службы

10.2 Мультиплексор служб

Потоки данных служб распределены в N битов субблоков соединения длительностью 125 мкс (см. п. 6.2.1).

Распределение битов в разных субблоках соединения различно, поскольку один из каждых восьми субблоков соединения содержит заголовок мини-кадра, а службе TDM может потребоваться количество байтов за 1 мс, которое не делится на 8, что приводит к неравному распределению битов по субблокам соединения. Распределение битов в субблоках соединения повторяется через каждую 1 мс (каждые 8 субблоков соединения). В приведенном ниже тексте j обозначает индекс субблока соединения в цикле мини-кадра длительностью 1 мс, $j = 1:8$.

Так как службы TDM требуют постоянной полосы пропускания (BW), им выделяется фиксированное количество битов в мини-кадре. Службе TDM _{i} выделяется N_{ij} байтов в j -м субблоке соединения. В каждом j -м субблоке соединения асинхронным службам выделяется оставшиеся биты $N_{async,j}$. Для $j = 1$, который является субблоком соединения, содержащим заголовки мини-кадра, $N_{async,1} = N - \sum_i N_{i,1} - 8 \times l \times M$, где M – число пар в группе агрегации.

$l = 2$, если используется механизм подстройки скорости модема, в противном случае $l = 1$.

Для $j = 2-8$, $N_{async,j} = N - \sum_i N_{i,j}$.

В таблице 2 определяются значения N_{ij} для служб TDM различных типов, включая информацию стаффинга (см. п. 10.4.2). N_{ij} – это количество байтов данных службы (и байтов стаффинга) в j -м субблоке соединения в мини-кадре.

Обратите внимание на то, что неполный канал DS3 (44,736 Мбит/с) и неполный канал E3 (34,368 Мбит/с) передаются как несколько полных каналов DS1 или E1, соответственно.

Обозначение типа службы используется в сообщениях "отображение службы" и "конфигурация службы" для определения распределения $N_{i,j}$ каждой службы i .

Таблица 2/G.998.3 – Константы отображения служб

Обозначение типа службы	Тип службы	$N_{i,1}/8$ [байт]	$N_{i,2}/8$ [байт]	$N_{i,3}/8$ [байт]	$N_{i,4}/8$ [байт]	$N_{i,5}/8$ [байт]	$N_{i,6}/8$ [байт]	$N_{i,7}/8$ [байт]	$N_{i,8}/8$ [байт]
1	Полный канал DS1	24	24	24	24	24	24	25	25
2	Полный канал E1	32	32	32	32	32	32	32	33
3	Неполный канал DS1 (включает Р х каналы DS0)	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р+1
4	Неполный канал E1 (включает Р каналов)	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р+1
5	DS3	699	699	699	699	699	699	699	700
6	E3	537	537	537	537	537	537	537	538
7	Передача синхронизации	1	1	1	1	1	1	1	1

10.2.1 Отображение служб

На рисунке 8 описывается отображение служб в пространство времени и пар, включая мини-кадры, повторяющиеся через каждые 1 мс. Из этого рисунка видно, что каждую 1 мс, где $j = 1$, N_{async} уменьшается на $8 \times l \times M$ битов, где M – число пар в группе агрегации, а $l = 2$, если используется подстройка скорости модема, и $l = 1$ в противном случае. Обратите внимание на то, что диспетчеризация по парам показана на этом рисунке только для большей ясности и должна осуществляться согласно разделу 7 ("Диспетчеризация").

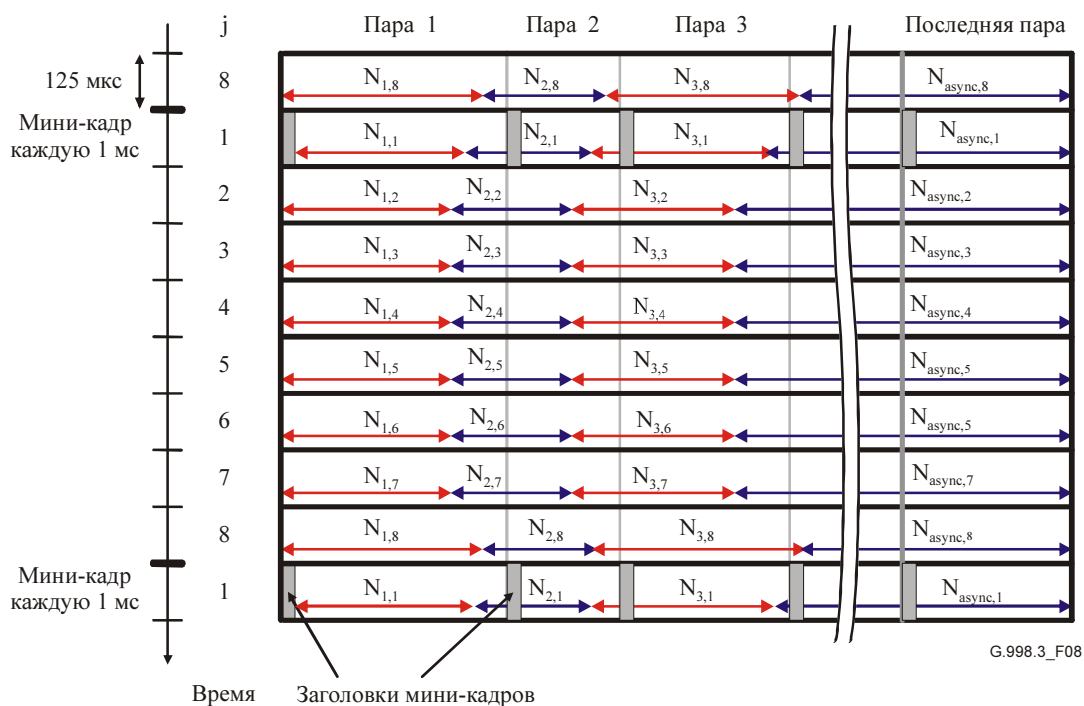


Рисунок 8/G.998.3 – Отображение служб в пространство времени (и пар)

10.2.2 Передача синхронизации

Синхронизация (без данных) может передаваться из NE в FE.

Это осуществляется путем выделения 1 байта в субблоке соединения для каждого переданного синхроимпульса. Первый бит (MSB) в каждом таком байте используется для создания байта стаффинга (см. рисунок 12) в каждом мини-кадре.

Функциональные возможности механизма стаффинга описаны в п. 10.4.2, за исключением того, что приемник имеет следующие функциональные возможности:

- Если сумма SC[5:0] равняется 0 или 1, то добавляют два синхроимпульса.
- Если сумма SC[5:0] равняется 5 или 6, то вычитаются два синхроимпульса.
- Если сумма SC[5:0] равняется 2, или 3, или 4, то никакие действия не выполняются.

10.2.3 Присвоение приоритетов службам

Службы TDM имеют более высокий приоритет, чем асинхронные службы. Порядок приоритетов от наиболее высокого до наиболее низкого: TDM₁, TDM₂, ..., TDM_{last}, асинхронная служба_{allocation1}, асинхронная служба_{allocation2}, асинхронная служба_{allocationlast}.

Обратите внимание на то, что возможно несколько распределений полосы пропускания для асинхронных служб. В этом случае описание в п. 10.2 должно быть соответствующим образом изменено.

Если полоса пропускания группы агрегации уменьшается (например, из-за отказа пары), то N уменьшается соответственно. В результате N_{async} уменьшается. В зависимости от величины ухудшения полосы пропускания может случиться так, что службы TDM должны будут запустить отбрасывание.

На рисунке 9 показан такой режим с изменениями полосы пропускания во времени, отмеченными цифрами 1–3:

- 1) Полоса пропускания уменьшается. В результате уменьшается полоса пропускания, распределенная асинхронным службам, в то время как полоса пропускания, распределенная службам TDM, остается неизменной.
- 2) Полоса пропускания уменьшается до точки, где полосы оказывается недостаточно для TDM₃, поэтому TDM₃ отбрасывается. Доступная полоса пропускания, не занятая TDM₁ и TDM₂, распределяется асинхронным службам.
- 3) Полоса пропускания увеличивается. В результате TDM₃ восстанавливается, и остающаяся полоса пропускания распределяется асинхронным службам.

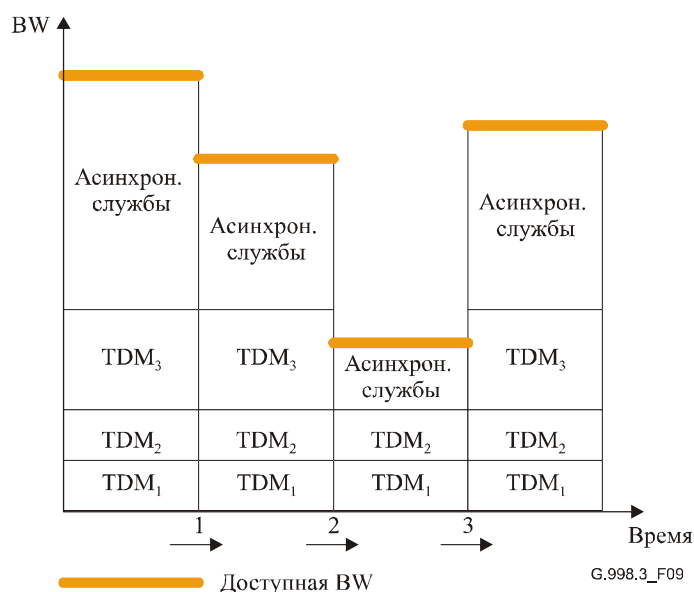


Рисунок 9/G.998.3 – Присвоение приоритетов службам в доступной полосе пропускания (BW)

10.3 Асинхронные службы

Асинхронные службы должны инкапсулироваться так, чтобы приемник мог определить начало и конец полезной нагрузки службы (например, кадр Ethernet в случае службы Ethernet).

Если несколько (больше одной) асинхронных служб передается по одной и той же системе соединения, то каждой асинхронной службе должны назначаться ее биты N_{async_i} , причем она должна инкапсулироваться отдельно.

Протокол GFP добавляет информацию заголовка во входящие данные службы для идентификации типа инкапсулированной службы, начала (и конца) блока данных и факультативно добавляет некоторую защиту.

10.3.1 Формат GFP

Стандартная GFP добавляет к каждому пакету данных основной заголовок длиной четыре байта. Этот заголовок состоит из 2-байтового идентификатора длины пакета (PLI) и двух байтов контроля ошибок в заголовке (HEC). Инкапсулированные кадры передаются один за другим в виде непрерывного потока байтов. Приемник на FE синхронизируется по заголовку, используя HEC для выделения кадра. В дополнение к основному заголовку спереди к исходной полезной нагрузке присоединяется 4-байтовый заголовок полезной нагрузки, который содержит тип полезной нагрузки и HEC. Могут также добавляться дополнительные заголовки расширения (длиной до 60 байтов) для приложений. Кроме того, GFP определяет необязательную последовательность проверки кадра (FCS) полезной нагрузки с CRC-32.

На рисунке 10 иллюстрируется формат кадра GFP:

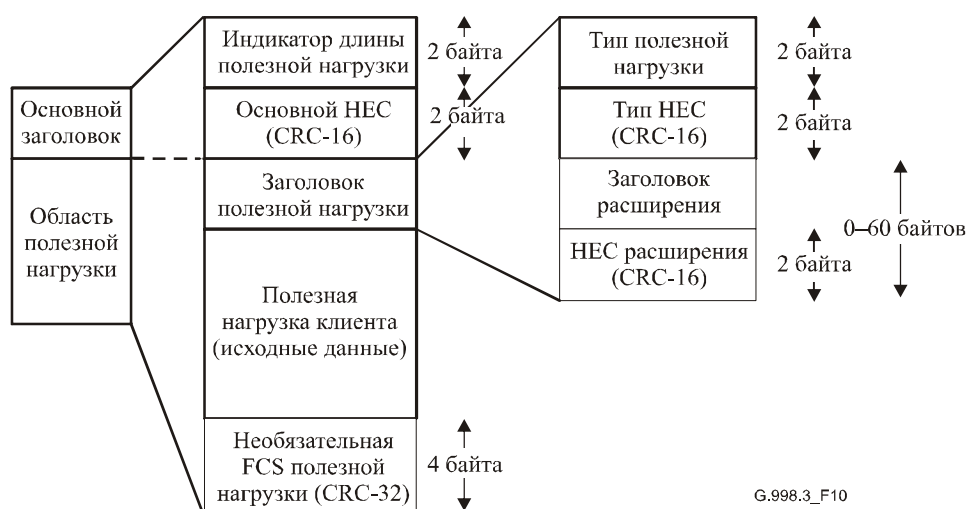


Рисунок 10/G.998.3 – Формат кадра GFP

Область полезной нагрузки скремблируется для повышения устойчивости процедуры выделения кадра GFP и обеспечения достаточного количества переходов 0-1 и 1-0 в течение периодов передачи паузы.

Для компенсации различия полосы пропускания и обеспечения непрерывного потока байтов с постоянной скоростью даже в том случае, когда полоса пропускания службы уменьшается, при отсутствии данных службы в поток байтов вставляются пустые кадры. Кадры паузы GFP имеют длину четыре байта и PLI = 0.

10.3.2 Ethernet

10.3.2.1 Удаление и восстановление межкадрового интервала и преамбулы

При передаче службы Ethernet интервалы между кадрами и преамбулы отбрасываются перед инкапсуляцией и восстанавливаются после операции, обратной инкапсуляции, на конце приемника.

10.3.2.2 Инкапсуляция кадра MAC Ethernet

Каждый кадр Ethernet инкапсулируется в один кадр GFP. Кадры MAC Ethernet (октеты от адреса назначения до последовательности проверки кадра включительно) помещаются в поле GFP полезной нагрузки клиента. Поддерживаются выравнивание по границам октетов и идентификация битов внутри октетов.

Если Ethernet является единственной обеспечиваемой асинхронной службой ("только Ethernet"), то для снижения накладных расходов должна использоваться упрощенная версия GFP, в которой используются малые фиксированные накладные расходы, составляющие 4 байта на кадр. В этом случае используются следующие изменения первоначальной GFP:

- Удаляется заголовок полезной нагрузки.
- Необязательная FCS полезной нагрузки с CRC-32 заменяется CRC-16 (CRC-16 определяется как $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, см. п. 6.1.1.2.1/G.7041/Y.1303), если между уровнем инкапсуляции и уровнем агрегации не используется FEC. Если между уровнем инкапсуляции и уровнем агрегации используется FEC, то необязательная FCS полезной нагрузки с CRC-32 может быть опущена для снижения накладных расходов.

Следующий формат инкапсулированного кадра используется для инкапсуляции кадров Ethernet в том случае, когда Ethernet является единственной обеспечиваемой асинхронной службой:

- Заголовок (4 байта) для выделения кадра, включающий:
 - индикатор длины полезной нагрузки (PLI:16 битов) – 0-65535, который указывает длину инкапсулированного кадра без заголовка, т. е. длину полезной нагрузки + факультативно 2 байта для последовательности проверки кадра, если она используется;
 - заголовок CRC (HEC:16 битов) – CRC-16 МСЭ (см. п. 6.1.1.2.1/G.7041/Y.1303).
- Полезная нагрузка – кадр Ethernet = 64–1552 байта.
- Необязательная последовательность проверки кадра (FCS:16 битов) – CRC-16 МСЭ (см. п. 6.1.1.2.1/G.7041/Y.1303), если FEC не используется.

На рисунке 11 показан упрощенный формат кадра GFP:

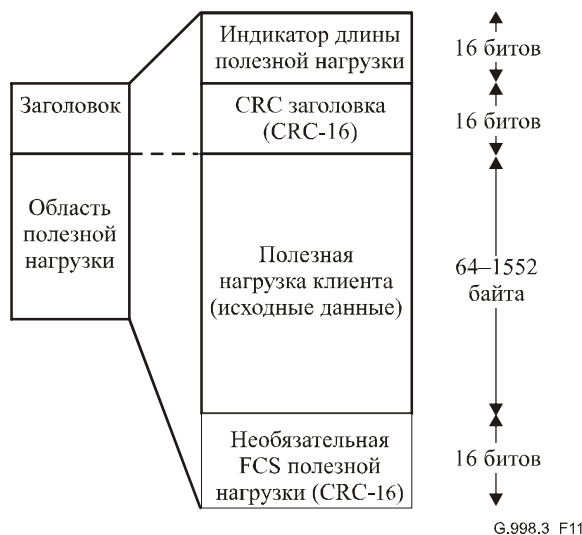


Рисунок 11/G.998.3 – Упрощенный формат кадра GFP для "только Ethernet"

10.3.2.3 Управление потоком данных

Должно быть реализовано управление потоком данных между уровнем Ethernet и уровнем инкапсуляции в BTU-C/R для предотвращения переполнения кадра, когда входная скорость кадров/байтов превышает полосу пропускания, доступную для данной службы Ethernet в агрегированном канале.

10.3.2.4 Развязка скоростей передачи данных

Должна быть реализована развязка скоростей передачи данных путем вставки пустых кадров GFP в направлении передачи (нисходящий поток данных) и удаления пустых кадров GFP в направлении приема (восходящий поток данных) как в BTU-C, так и в BTU-R согласно Рекомендации МСЭ-Т G.7041/Y.1303.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Пустой кадр GFP – это специальный 4-октетный управляющий кадр GFP, состоящий только из основного заголовка GFP, в котором поле PLI и поле основной НЕС установлены равными "0" и который не имеет области полезной нагрузки.

10.3.2.5 Скремблирование основного заголовка

Скремблирование основного заголовка производится операцией "исключительное ИЛИ" (сложения по модулю 2) с шестнадцатеричным числом B6AB31E0 согласно Рекомендации МСЭ-Т G.7041/Y.1303. Скремблирование основного заголовка повышает устойчивость процедуры выделения кадра GFP и обеспечивает достаточное количество переходов 0-1 и 1-0 в течение периодов передачи паузы.

10.3.2.6 Выделение кадра

Функция выделения GFP обеспечивает идентификацию границ кадра в полезной нагрузке. Она основана на законе кодирования с использованием поля контроля ошибок в заголовке (НЕС) в заголовке GFP.

Алгоритм выделения GFP должен соответствовать Рекомендации МСЭ-Т G.7041/Y.1303.

10.3.2.7 Отображение инкапсулированных кадров GFP в субблоки соединения

Инкапсулированные кадры GFP j -й службы Ethernet преобразуются в биты $N_{async,j}$ субблока соединения побайтно. Не требуется осуществлять выравнивание по границе субблока соединения. Каждый байт из потока данных GFP, начиная с MSB, преобразуется в следующие доступные 8 битов $N_{async,j}$ и, возможно, разбивается между двумя субблоками соединения.

10.3.2.8 Спецификация метода инкапсуляции

Обозначение типа службы Ethernet равно 8. Оно используется в сообщениях "отображение службы" и "конфигурация службы" для определения метода инкапсуляции для каждой асинхронной службы.

10.3.3 АТМ

10.3.3.1 Функции инкапсуляции АТМ

Уровень ТС АТМ для системы соединения совместим с Рекомендацией МСЭ-Т I.432.1. Он должен обеспечивать следующие функции, определенные в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1:

- Развязка скоростей между уровнем АТМ и синхронным (или плезиохронным) уровнем инкапсуляции.
- Вставка/извлечение пустых ячеек (пустая ячейка, вставленная на передающей стороне, должна извлекаться на удаленном конце).
- Вставка/извлечение байта контроля ошибок в заголовке (НЕС) АТМ (байт НЕС, вставленный на передающей стороне, должен извлекаться на удаленном конце).
- Скремблирование/дескремблирование полезной нагрузки ячейки для систем СЦИ.
- Выделение ячейки в приемном канале.
- Тактовая синхронизация и упорядочение битов (сначала передается MSB с тактовой синхронизацией, соответствующей синхронизации в нисходящем потоке BTU-C).

10.3.3.2 Инкапсуляция ячейки АТМ

Если АТМ является единственной обеспечиваемой асинхронной службой ("только АТМ"), то она преобразуется в субблоки соединения напрямую без инкапсуляции, поскольку ячейки АТМ включают всю информацию, требуемую для выделения ячейки.

10.3.3.3 Управление потоком данных

Должно быть реализовано управление потоком данных между уровнем АТМ и уровнем инкапсуляции в VTU-C/R для предотвращения переполнения ячеек, когда входная скорость ячеек/байтов превышает полосу пропускания, доступную для данной службы АТМ в агрегированном канале.

10.3.3.4 Эксплуатация, управление и техническое обслуживание

Поток эксплуатации, управления и технического обслуживания (ОАМ) через интерфейс γ обеспечивает обмен информацией ОАМ между объектом ОАМ и его функциями административного управления инкапсуляцией АТМ. Поток ОАМ является двунаправленным.

Примитивы потока ОАМ требуют *дальнейшего изучения*.

10.3.3.5 Развязка скоростей передачи ячеек

Развязка скоростей передачи ячеек должна быть реализована путем включения пустых ячеек в направлении передачи и удаления пустых ячеек в направлении приема, как определено в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1. Пустые ячейки идентифицирует стандартный заголовок ячейки, который также определен в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1.

10.3.3.6 Формирование/контроль НЕС

Байт НЕС должен формироваться так, как описано в Рекомендациях МСЭ-Т серии I.432.x, включая рекомендуемое сложение по модулю 2 (исключающее ИЛИ) последовательности 01010101_2 с битами НЕС. Используемый набор коэффициентов образующего полинома и процедура формирования последовательности НЕС должны соответствовать Рекомендациям МСЭ-Т серии I.432.x.

Последовательность НЕС должна обладать возможностью обнаружения ошибок в нескольких битах, как определено в Рекомендациях МСЭ-Т серии I.432.x. Не следует исправлять ошибки в одном бите заголовка ячейки.

10.3.3.7 Рандомизация и дерандомизация полезной нагрузки ячейки

Рандомизация полезной нагрузки ячейки АТМ не должна выполняться.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Рандомизация передаваемой полезной нагрузки ячейки АТМ позволяет исключить многократные не содержащие переходов кодовые комбинации битов в потоке ячейки АТМ и тем самым повышает эффективность алгоритма выделения ячеек. Рандомизация ячейки АТМ определена в Рекомендациях МСЭ-Т серии 432.x для передачи по STM.

10.3.3.8 Выделение ячеек

Функция выделения ячеек позволяет идентифицировать границы ячейки в полезной нагрузке. Она основана на законе кодирования, использующем поле контроля ошибок в заголовке (НЕС) в заголовке ячейки.

Алгоритм выделения ячеек должен соответствовать алгоритму, описанному в Рекомендациях МСЭ-Т серии I.432.x.

10.3.3.9 Отображение ячеек АТМ в субблоки соединения

Ячейки АТМ для j -й службы преобразуются в $N_{async,j}$ битов субблока соединения побайтно. Не требуется производить выравнивание по границе субблока соединения. Каждый байт из потока данных АТМ преобразуется, начиная с MSB, в следующие доступные 8 битов из $N_{async,j}$, байты могут разбиваться между двумя субблоками соединения.

10.3.3.10 Спецификация метода инкапсуляции

Обозначением типа службы АТМ является 9. Это обозначение используется в сообщениях "отображение службы" и "конфигурация службы" для определения метода инкапсуляции каждой асинхронной службы.

10.3.4 GFP

Если кадры GFP являются передаваемой полезной нагрузкой только асинхронной службы (независимо от того, какие данные инкапсулированы в ней), они преобразуются в субблоки

соединения "как есть", без дополнительной инкапсуляции, поскольку они включают всю информацию, требуемую для выделения полезной нагрузки, и, кроме того, поддерживают пустые кадры для заполнения полосы пропускания.

Обозначением типа службы GFP является 10. Это обозначение используется в сообщениях "отображение службы" и "конфигурация службы" для определения метода инкапсуляции каждой асинхронной службы.

10.4 Стаффинг службы TDM

Данные и синхронизация каждой службы TDM (например, DS1, E1) передаются от NE к FE. Плезиохронные службы передаются от NE к FE путем добавления стаффинга в NE и удаления стаффинга в FE. Стаффинг производят относительно опорного синхросигнала агрегации, который синхронизирует уровни агрегации BTU-C и BTU-R.

10.4.1 Объем стаффинга

Механизм стаффинга, который описан ниже, пригоден для служб TDM, таких как DS1, E1, неполный DS1, неполный E1, DS3 и E3.

В таблице 3 приведены требуемые объемы стаффинга для различных типов служб TDM, рассчитанные исходя из скорости службы, ее стандартной погрешности синхронизации и предполагаемой погрешности локального генератора опорных синхросигналов агрегации, которая составляет 20 частей на миллион (ppm).

Таблица 3/G.998.3 – Требуемый объем стаффинга в соответствии с типом службы TDM

Тип службы	Номинальная скорость [кбит/с]	Количество байтов в 125 мкс	Стандартная погрешность [частей на миллион]	Погрешность локального генератора	Макс. смещение генератора	Количество требуемых битов стаффинга за 1 мс
Полный канал DS1	1 544	24,125	32	20	52	0,08
Полный канал E1	2 048	32	50	20	70	0,14
Неполный канал DS1 (включает Nх DS0)	1 544	N+1/8	32	20	52	$(N + 1/8) \times 64 K \times 52$ (частей на млн.) $\times$ 1 мс
Неполный канал E1 (включает N каналов)	2 048	N+1	50	20	70	$(N + 1) \times 64 K \times 70$ (частей на млн.) $\times$ 1 мс
DS3	44 736	699	20	20	40	1,79
E3	34 368	537	20	20	40	1,37

Два (2) бита стаффинга за 1 мс достаточны для типов служб, указанных в таблице 3.

10.4.2 Механизм стаффинга

В дополнение к своим данным каждая служба TDM имеет 1 дополнительный байт на 1 мс для механизма стаффинга. Уровень инкапсуляции синхронизируется с мини-кадром длительностью 1 мс согласно метке стаффинга (см. рисунок 7).

Этот байт стаффинга имеет следующий формат:

Стаффинг		Управление стаффингом					
S1	S0	SC5	SC4	SC3	SC2	SC1	SC0

G.998.3_F12

Рисунок 12/G.998.3 – Формат байта стаффинга

Для повышения устойчивости (механизм стаффинга устойчив к однобитовой ошибке) байт стаффинга равномерно распределяется по всему мини-кадру. Для i -й службы TDM: S1 – первый бит $N_{i,1}$, S0 – первый бит $N_{i,2}$, SC5 – первый бит $N_{i,3}$, SC4 – первый бит $N_{i,4}$, SC3 – первый бит $N_{i,5}$, SC2 – первый бит $N_{i,6}$, SC1 – первый бит $N_{i,7}$, а SC0 – первый бит $N_{i,8}$.

Передатчик устанавливает содержание S[1:0] и SC[5:0] следующим образом:

- Если передатчик имеет два дополнительных бита данных для передачи, то:
 - SC[5:0] = '000000'
 - S[1:0] в следующем мини-кадре должен иметь два дополнительных бита данных.
 - Последние два бита данных в последнем байте i -й службы TDM в следующем мини-кадре должны быть двумя битами данных.
- Если передатчику не хватает двух битов данных для передачи, то:
 - SC[5:0] = '111111'
 - S[1:0] в следующем мини-кадре должен быть установлен на "01" (нулевое значение, игнорируется приемником).
 - Последние два бита данных в последнем байте i -й службы TDM в следующем мини-кадре должны быть равны "01" (нулевое значение, игнорируется приемником).
- Во всех остальных случаях:
 - SC[5:0] = '101010'
 - S[1:0] в следующем мини-кадре должен быть установлен на "01" (нулевое значение, игнорируется приемником).
 - Последние два бита данных в последнем байте i -й службы TDM в следующем мини-кадре должны быть двумя битами данных.

Приемник должен следовать следующим правилам:

- Если сумма SC[5:0] равняется 0 или 1, то:
 - S[1:0] в следующем мини-кадре представляют собой биты действительных данных.
 - Последние два бита данных в последнем байте i -й службы TDM в следующем мини-кадре представляют собой биты действительных данных.
- Если сумма SC[5:0] равняется 5 или 6, то:
 - S[1:0] в следующем мини-кадре представляют собой биты стаффинга и должны отбрасываться.
 - Последние два бита данных в последнем байте i -й службы TDM в следующем мини-кадре представляют собой биты стаффинга и должны отбрасываться.
- Если сумма SC[5:0] равняется 2, или 3, или 4, то:
 - S[1:0] в следующем мини-кадре представляют собой биты стаффинга и должны отбрасываться.
 - Последние два бита данных в последнем байте i -й службы TDM в следующем мини-кадре представляют собой биты действительных данных.

11 FEC и перемежитель

FEC и перемежитель являются необязательными в системе соединения.

11.1 FEC

11.1.1 Тип FEC

FEC для системы соединения аналогична FEC, определенной для АЦАЛ и сверхскоростной цифровой абонентской линии (VDSL), т. е. она получается из кода Рида–Соломона (RS) с помощью образующего полинома

$$G(D) = \prod_{i=0}^{19} (D + \alpha^i),$$

где α – примитивный элемент, который удовлетворяет примитивному двоичному полиному $x^8, x^4, x^3, x^2, 1$ в поле Галуа GF(256).

Обратите внимание на то, что $G(D)$ должен быть уникально выбранным полиномом, чтобы упростить изменения параметров FEC.

11.1.2 Кодирование

$R = R_{RS}$ байтов контроля с помощью избыточных кодов $c_0, c_1, \dots, c_{R-2}, c_{R-1}$ должны добавляться после $K = K_{RS}$ информационных байтов $m_0, m_1, \dots, m_{K-2}, m_{K-1}$, с тем чтобы образовать кодовое слово длиной $N_{RS} = K_{RS} + R_{RS}$ байтов. Контрольные байты рассчитываются из байта сообщения с использованием следующего уравнения:

$$C(D) = M(D) D^{20} \text{ modulo } G(D),$$

где полином сообщения $M(D)$ определяется как:

$$M(D) = m_0 D^{K-1} + m_1 D^{K-2} + \dots + m_{K-2} D + m_{K-1},$$

а проверяющий полином определяется как:

$$C(D) = c_0 D^{19} + c_1 D^{18} + \dots + c_{R-2} D^{21-R} + c_{R-1} D^{20-R} + c_R D^{19-R} + \dots + c_{19}.$$

Обратите внимание на то, что только первые $R = R_{RS}$ коэффициентов проверяющего полинома используются в кодовом слове. Декодер должен добавить остальные $20 - R_{RS}$ коэффициентов и использовать декодирование со стиранием.

Байт данных $(d_7, d_6, \dots, d_1, d_0)$ идентифицируется элементом поля Галуа $d_7 \alpha^7 + d_6 \alpha^6 \dots + d_1 \alpha + d_0$.

11.1.3 Параметры FEC

Определяются следующие параметры FEC:

- N_{RS} = длина кодового слова;
- K_{RS} = длина информации кодового слова;
- $R_{RS} = N_{RS} - K_{RS}$, длина избыточности кодового слова;
- S = количество кодовых слов в субблоке соединения длительностью 125 мкс.

Кроме того, необходимо использоваться следующие обозначения:

- M = число активных пар в группе агрегации;
- $l = 2$ в случае использования подстройки скорости модема, и $l = 1$ в противном случае;
- B_i = количество битов, которые передаются i -й парой в субблоке соединения длительностью 125 мкс (скорость передачи данных по i -й паре, деленная на 8K).

Обратите внимание на то, что параметр S несколько отличается от параметра S для АЦАЛ. Определенный в настоящем документе параметр S соответствует $1/S$ для параметра S , определенного в Рекомендациях МСЭ-Т серии G.992.x. Используемое в настоящей Рекомендации определение параметра S лучше подходит для систем с широкой полосой пропускания, поскольку оно

естественным образом приводит к целочисленным значениям S . S – это количество кодовых слов в субблоке соединения длительностью 125 мкс, а $S+1$ кодовых слов превышает количество байтов в субблоке соединения.

Должны поддерживаться следующие значения:

- $N_{RS} = 5 \dots 255$;
- $R_{RS} = 2, 4, 8, 16, 20$.

Как объясняется ниже, скорость передачи данных системой соединения составляет $64 K_{RS} S - 8 \times 1 \times M$ кбит/с, поэтому параметр S должен вычисляться из значений K_{RS} и общей полосы пропускания, требуемой для всех служб ($TotalBW$), он должен быть таким наименьшим целым числом, чтобы выполнялось неравенство:

$$64 K_{RS} S - 8 \times 1 \times M \geq TotalBW ,$$

где $TotalBW$ измеряется в кбит/с.

Значения N_{RS} и S должны удовлетворять следующему неравенству:

$$N_{RS} \times S \leq \text{floor} \left(\left(\sum_{i=1}^M B_i \right) / 8 \right).$$

Кроме того, для поддержки служб TDM длина информации должна удовлетворять следующим неравенствам (N_{ij} , как в п. 10.2, j обозначает порядок субблока соединения в мини-кадре, см. рисунок 8 и таблицу 2):

$$\text{Для } j = 1: \quad K_{RS} S - 1 \times M \leq \sum_i N_{i,1} / 8.$$

$$\text{Для } j = 2 \dots 8: \quad K_{RS} S \leq \max_j \sum_i N_{i,j} / 8.$$

Обратите внимание на то, что используемый здесь N_{ij} связан не с N_{RS} FEC, а с N_{ij} , который используется в п. 10.2.

Параметры N_{RS} и R_{RS} вычисляются в BTU-C после установки скоростей пар и после каждого изменения параметров таблицы диспетчеризации, они передаются в BTU-R с помощью сообщения "запрос возможности FEC".

11.1.4 Поток данных

На рисунке 13 описываются поток данных через FEC и границы FEC.

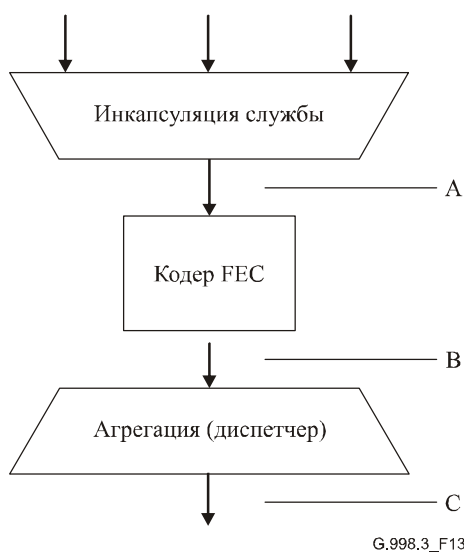


Рисунок 13/G.998.3 – Поток данных FEC

Модуль инкапсуляции настроен на предоставление выходной скорости (в эталонной точке А) $(64 K_{RS}S - 8 \times 1 \times M)$ кбит/с.

Кодирующее устройство RS кодирует первое кодовое слово в мини-кадре длительностью 1 мс с уменьшенной длиной $N_{RS} - M$ путем уменьшения длины информации до $K_{RS} - M$ при поддержании длины избыточности R_{RS} . Это можно осуществить либо непосредственно, либо добавив M нулевых байтов перед первыми $K_{RS} - M$ информационными байтами. При этом остается место для того, чтобы диспетчер вставил M байтов заголовка мини-кадра.

Кодирующее устройство RS кодирует остающиеся 8 S–1 кодовых слов в мини-кадре длительностью 1 мс с длиной кодового слова N_{RS} и длиной информации K_{RS} . При этом формируется выходная скорость (в эталонной точке В) $(64 N_{RS}S - 8 \times 1 \times M)$ кбит/с.

Диспетчер передает $\sum_{i=1}^M B_i$ битов для каждого субблока соединения длительностью 125 мкс, создавая

скорость $8 \sum_{i=1}^M B_i$ кбит/с в эталонной точке С. Перед декодированием RS приемник должен

игнорировать последние $\sum_{i=1}^M B_i - 8 \times S \times N_{RS}$ битов каждого субблока соединения длительностью 125 мкс.

Байты заголовка мини-кадра вставляются на уровне агрегации после FEC.

11.1.5 Изменение параметров FEC

Изменение параметров RS должно производиться в ходе процедуры изменения синхронизации или в ходе процедуры быстрого изменения.

11.1.5.1 Процедура изменения синхронизации

Процедура изменения синхронизации инициируется BTU-C с целью изменения конфигурации системы соединения (пары, которые участвуют в группе агрегации, отображение служб, FEC и перемежитель) управляемым способом без нарушений. В рамках процедуры изменения синхронизации BTU-C должен вычислять новые параметры FEC и передавать их BTU-R в сообщении "запрос возможности FEC". Когда BTU-C или BTU-R переключается на новые параметры синхронизованно с использованием событий evConfigSw, параметры FEC также изменяются, не вызывая ошибок.

Поскольку кодовые слова FEC выравниваются по границе мини-кадра длительностью 1 мс, а не субблоков соединения длительностью 125 мкс, изменения параметров должны происходить в начале мини-кадра длительностью 1 мс, чтобы гарантировать переход без нарушений.

11.1.5.2 Процедура быстрого изменения

Процедура быстрого изменения инициируется BTU-C для максимально быстрого удаления отказавших пар из группы агрегации. Изменение пар в группе агрегации с помощью процедуры быстрого изменения происходит быстро (за несколько миллисекунд), но при этом не гарантируется изменение без нарушений. После того как BTU-C начинает процедуру быстрого изменения, после получения как BTU-C, так и BTU-R запроса быстрого изменения, BTU-C и BTU-R изменяют параметры независимо. Выполняются следующие изменения:

- 1) Параметры K_{RS} и N_{RS} уменьшаются на $\lceil B_i / 8S \rceil$ для каждой i -й отказавшей пары, где $\lceil X \rceil$ обозначает наименьшее целое число, не меньшее чем X .
- 2) Параметр M также уменьшается, он обозначает количество остающихся пар в группе агрегации.
- 3) Размер первого кодового слова в каждом мини-кадре длительностью 1 мс уменьшается на M , где M обозначает количество остающихся пар в группе агрегации.

- 4) Полоса пропускания служб TDM проверяется в неравенствах $K_{RS}S - 1 \times M \leq \sum_i N_{i,1} / 8$ и $K_{RS}S \leq \max_j \sum_i N_{i,j} / 8$, и службы TDM удаляются согласно предварительно определенному порядку приоритетов, если полоса пропускания недостаточна для всех таких служб.

В результате:

- Выходная скорость уровня инкапсуляции (в эталонной точке А) и выходная скорость кодирующего устройства RS (в эталонной точке В) уменьшаются согласно новым параметрам N_{RS} , K_{RS} и M .
- Количество битов, которые игнорируются приемником в конце каждого S кодовых слов, также изменяется согласно новым параметрам N_{RS} , K_{RS} и M ; оно вычисляется как разность между агрегатной скоростью и скоростью кодирующего устройства RS.

11.2 Перемежитель

Система соединения, которая поддерживает перемежитель, должна поддерживать два типа переमेжителей – блочный и сверточный.

Блочные переमेжители вносят бóльшую задержку, чем сверточные переमेжители при одинаковой глубине, однако блочные переमेжители способны поддержать изменение параметров без нарушений при процедуре изменения синхронизации.

Переमेжитель определяется двумя параметрами: тип переमेжителя (блочный, сверточный) и глубина. Эти параметры вычисляются VTU-C и передаются VTU-R в сообщении "запрос возможности FEC". Когда VTU-C или VTU-R переключаются на новые параметры синхронизованно с использованием событий evConfigSw, параметры переमेжителя также изменяются, не вызывая ошибок.

Глубина переमेжителя должна составлять $S \times 3^a \times 2^b$, где $a = 0, 1$, $b = 0 \dots 5$. Максимальная глубина переमेжителя соответствует 12 мс.

11.2.1 Блочный перемежитель

В блочном перемежителе кодовые слова логически сгруппированы в наборы D кодовых слов и записаны в памяти в виде матрицы размером $D \times N$ (D строк, N столбцов), где i -е кодовое слово хранится в i -й строке, а N – количество байтов в кодовом слове. Затем кодовые слова считываются из памяти и передаются по столбцам, т. е. передаются первые байты всех D кодовых слов, затем передаются вторые байты всех D кодовых слов и т. д. Этот процесс иллюстрируется на рисунке 14 (для $N = 7$, $D = 4$):

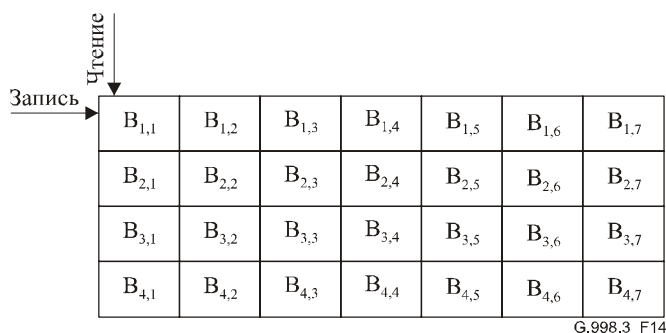


Рисунок 14/G.998.3 – Блочный перемежитель

Должна передаваться следующая последовательность: $B_{1,1}; B_{2,1}; B_{3,1}; B_{4,1}; B_{1,2}; B_{2,2}; \dots B_{3,7}; B_{4,7}$.

В деперемежителе в приемнике роли чтения и записи меняются, т. е. полученные байты записываются по столбцам, а затем считываются построчно в декодер RS FEC.

Чтобы выровнять блоки перемежителя по границам суперкадров длительностью 12 мс, глубина D должна быть кратной 96 для $S = 1$. Для $S > 1$ перемежитель глубиной D должен быть кратным произведению 96 на S .

Кроме того, блок перемежителя должен быть выровнен по границам суперкадров длительностью 12 мс, т. е. первое кодовое слово в суперкадре длиной 12 мс должно быть первым кодовым словом в блоке перемежителя.

Первые M байтов первого кодового слова в каждом мини-кадре длительностью 1 мс, которое короче других кодовых слов в мини-кадре, должны быть заполнены M фиктивными байтами перед перемежением. Фиктивные байты должны быть удалены перед передачей.

11.2.2 Сверточный перемежитель

Сверточный перемежитель поддерживает те же глубины перемежения, что и блочный перемежитель.

Сверточное перемежение определяется следующим правилом:

Каждый из $N=N_{RS}$ байтов $B_0, B_1, \dots, B_{N-1}$ в кодовом слове RS задерживается на расстояние, которое линейно зависит от индекса байта. Точнее, байт B_i (с индексом i) задерживается на $(D - 1) \times i$ байтов, где D – глубина перемежителя.

Пример для $N = 5, D = 2$ приведен в таблице 4, где B_{ji} обозначает i -й байт j -го кодового слова.

Таблица 4/G.998.3 – Пример перемежителя для $N = 5, D = 2$

Вход перемежителя	B_{j0}	B_{j1}	B_{j2}	B_{j3}	B_{j4}	B_{j+1_0}	B_{j+1_1}	B_{j+1_2}	B_{j+1_3}	B_{j+1_4}
Выход перемежителя	B_{j0}	B_{j-1_3}	B_{j1}	B_{j-1_4}	B_{j2}	B_{j+1_0}	B_{j3}	B_{j+1_1}	B_{j4}	B_{j+1_2}

При использовании упомянутого выше правила и при выбранных глубинах перемежения выходные байты перемежителя всегда занимают различные временные интервалы, если N является нечетным числом и, кроме того, является взаимно простым с S .

Если N является четным числом или не является взаимно простым с S , то в начале кодового слова при вводе в перемежитель должны добавляться фиктивные байты. Количество фиктивных байтов должно быть минимальным, чтобы удовлетворять предыдущему условию. Затем результирующее кодовое слово подвергается сверточному перемежению, и в этом случае фиктивные байты должны быть удалены на выходе перемежителя.

Для первого кодового слова в каждом мини-кадре длительностью 1 мс, которое имеет длину, отличающуюся от длины других кодовых слов, дополнительные фиктивные байты должны добавляться в начале этого кодового слова, чтобы его длина сравнялась с длиной других кодовых слов. Затем результирующее кодовое слово подвергается сверточному перемежению, и в этом случае фиктивные байты должны быть удалены на выходе перемежителя.

12 Процессы

12.1 Управление парами и контроль пар

12.1.1 Операции с парой

Операции с парой выполняются согласно конечному автомату пары и включают следующее:

- установку параметров пары с использованием G.handshake;
- активизацию пары;
- синхронизацию пары с группой агрегации;
- добавление пары в группу агрегации/удаление пары из группы агрегации;
- обработку при потере парой синхронизации с группой агрегации, при отказе активизации пары или при установлении связи.

12.1.2 Конечный автомат пары

На рисунке 15 описывается конечный автомат пары, а также состояния пары и переходы между состояниями. Состояния и условия переходов определены в пп. 12.1.3 и 12.1.4.

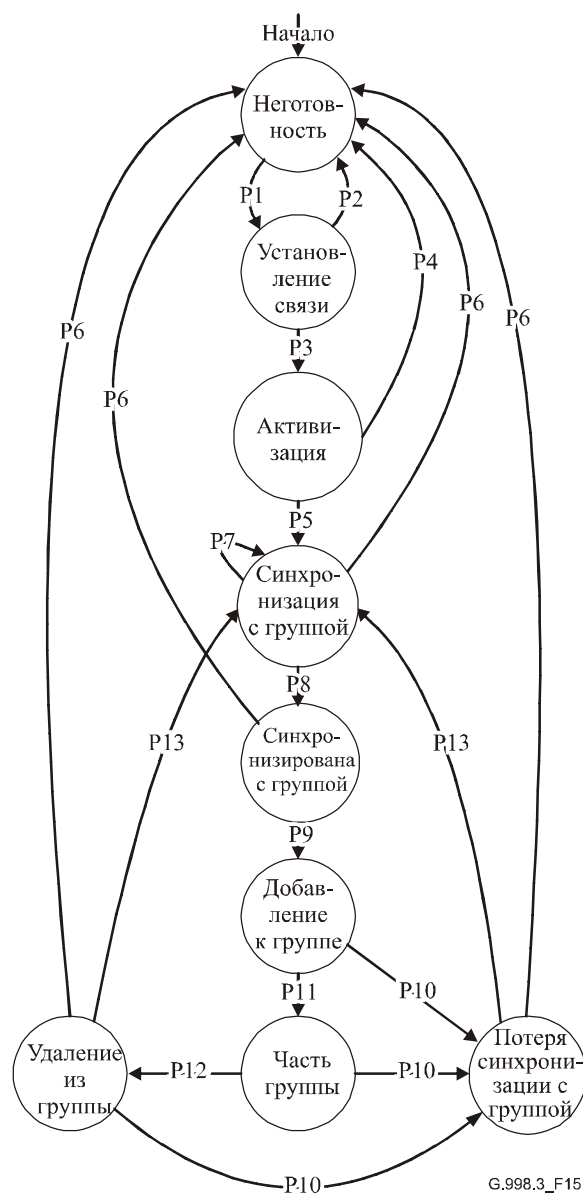


Рисунок 15/G.998.3 – Конечный автомат пары

12.1.3 Состояния

Таблица 5/G.998.3 – Определение состояний конечного автомата пары

Состояние	Определение	Переходы
Неготовность (Down)	Пара не передает и не принимает	Из 0 в состояние "установление связи"
Установление связи (Handshake)	Пара использует "установление связи" (Рекомендация МСЭ-Т G.994.1) для обнаружения, согласования и установки своих рабочих параметров (например, скорость, модуляция, маска спектральной плотности мощности (PSD), схема соединения (TDIM, Ethernet на первой миле (EFM) и т. д.)	- Из 0 в состояние "неготовность" - Из 0 в состояние "активизация"
Активизация (Activation)	Пара активизируется со своими рабочими параметрами	- Из 0 в состояние "неготовность" - Из 0 в состояние "синхронизация с группой"
Синхронизация с группой (Synching to group)	Пара работает, уровень агрегации использует процедуру синхронизации с группой (см. раздел 12.3.3)	- Из 0 в состояние "неготовность" - Из 0 в состояние "синхронизация с группой" - Из 0 в состояние "синхронизирована с группой"
Синхронизована с группой (Synched to group)	Пара синхронизирована с группой агрегации, ожидает управляющего решения для добавления к группе агрегации	- Из 0 в состояние "неготовность" - Из 0 в состояние "добавление к группе"
Добавление к группе (Adding to group)	Уровень агрегации пытается добавить пару к группе агрегации, используя процедуру изменения синхронизации (п. 12.3.2)	- Из 0 в состояние "потеря синхронизации с группой" - Из 0 в состояние "часть группы"
Часть группы (Part of group)	Уровень агрегации доставляет данные службы через пару согласно таблице диспетчеризации	- Из 0 в состояние "потеря синхронизации с группой" - Из 0 в состояние "удаление из группы"
Потеря синхронизации с группой (Lost Sync to group)	Уровень агрегации использует процедуру быстрого изменения, после которой пара удаляется из группы агрегации (п. 12.3.1)	- Из 0 в состояние "неготовность" - Из 0 в состояние "синхронизация с группой"
Удаление из группы (Remove from group)	Уровень агрегации использует процедуру изменения синхронизации, после которой пара удаляется из группы агрегации (п. 12.3.2)	- Из 0 в состояние "неготовность" - Из 0 в состояние "потеря синхронизации с группой" - Из 0 в состояние "синхронизация с группой"
ПРИМЕЧАНИЕ. – Пара считается "синхронизованной с группой", если она находится в одном из следующих состояний: "синхронизирована с группой", "добавление к группе", "часть группы".		

12.1.4 Условия перехода

- [P1] Управляющее решение запустить сеанс установления связи.
- [P2] Отказ при установлении связи или управляющее решение остановить установление связи и вернуться в состояние "неготовность".
- [P3] Успешное завершение установления связи.
- [P4] Отказ при активизации пары.
- [P5] Успешное завершение активизации.
- [P6] Отказ пары.
- [P7] Управляющее решение синхронизировать пару с группой агрегации.
- [P8] Успешное завершение синхронизации с группой агрегации.
- [P9] Управляющее решение добавить пару к группе агрегации.

- [P10] Потеря синхронизации с группой агрегации. Считается, что пара потеряла синхронизацию с группой агрегации после: а) 10 (десяти) последовательных ошибок в заголовке кадра (заголовок кадра содержит ошибку, если его CRC-4 не соответствует содержанию заголовка и/или один из битов индикации SF не получен в ожидаемом виде) или б) 3 последовательных ошибок в ходе процедуры быстрого изменения (см. п. 12.3.1).
- [P11] Успешное завершение добавления пары к группе агрегации.
- [P12] Управляющее решение удалить пару из группы агрегации.
- [P13] Управляющее решение вернуть пару как часть группы агрегации.

12.2 Управление группой агрегации и контроль за ней

12.2.1 Операции с группой агрегации

Операции с группой агрегации выполняются согласно конечному автомату группы агрегации и включают следующее:

- Установку группы агрегации в режим "диагностика" (Diag), в котором данные управления передаются, а данные служб не передаются.
- Инициализацию группы агрегации путем назначения ей пар.
- Добавление пар в группу агрегации/удаление пар из группы агрегации.
- Обработку отказов пар.

12.2.2 Конечный автомат группы агрегации

На рисунке 16 описывается конечный автомат группы агрегации, состояния группы агрегации и переходы между состояниями. Эти состояния и переходы определены в следующих пунктах.

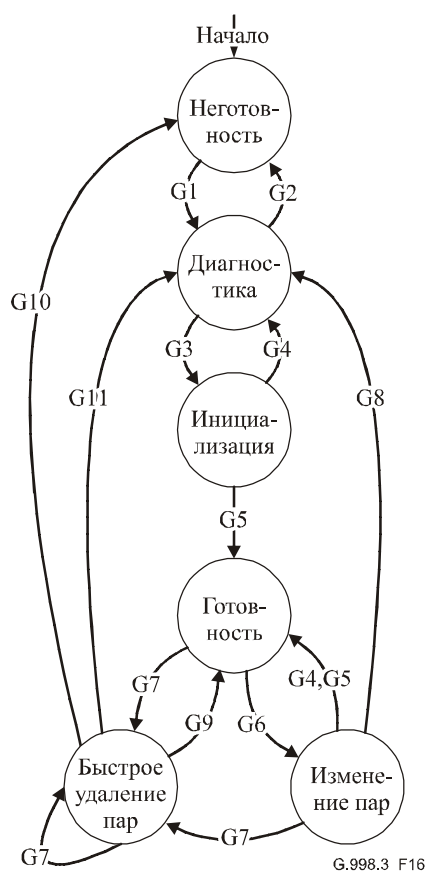


Рисунок 16/G.998.3 – Конечный автомат группы агрегации

12.2.3 Состояния

Таблица 6/G.998.3 – Определение состояний конечного автомата группы агрегации

Состояние	Определение	Переходы
Неготовность (Down)	Нет никаких пар, назначенных группе агрегации, или есть назначенные пары, но ни одна из них не находится в одном из состояний, в которых она "синхронизирована с группой" (т. е. "синхронизирована с группой", "добавление к группе", "часть группы")	Из 0 в состояние "диагностика"
Диагностика (Diag)	Одна или несколько пар, относящихся к группе агрегации, находятся в состоянии "синхронизирована с группой", и ни одна из пар не находится в состоянии "часть группы"	- Из 0 в состояние "неготовность" - Из 0 в состояние "инициализация"
Инициализация (Init)	Инициализация группы агрегации с использованием процедуры "изменение синхронизации" со всеми парами, находящимися в состоянии "синхронизирована с группой"	- Из 0 в состояние "диагностика" - Из 0 в состояние "готовность"
Готовность (Up)	Группа агрегации работает в установившемся режиме и передает данные службы	- Из 0 в состояние "изменение пар" - Из 0 в состояние "быстрое удаление пар"
Изменение пар (Pairs change)	Добавление пар к группе агрегации или удаление их из группы агрегации без нарушения с помощью процедуры "изменение синхронизации"	- Из 0 в состояние "готовность" - Из 0 в состояние "быстрое удаление пар" - Из 0 в состояние "диагностика"
Быстрое удаление пар (Fast pairs removal)	Быстрое удаление пар после потери синхронизации пары с группой агрегации с помощью процедуры быстрого изменения	- Из 0 в состояние "готовность" - Из 0 в состояние "быстрое удаление пар" - Из 0 в состояние "неготовность" - Из 0 в состояние "диагностика"

12.2.4 Условия перехода

- [G1] Одна или несколько пар, входящих в группу агрегации, изменили свое состояние на состояние "синхронизирована с группой".
- [G2] Ни одна из пар, входящих в группу агрегации, не находится в одном из состояний, в которых они "синхронизированы с группой" (т. е. "синхронизирована с группой", "добавление к группе", "часть группы").
- [G3] Управляющее решение активизировать группу агрегации.
- [G4] Неудача процедуры изменения синхронизации.
- [G5] Процедура изменения синхронизации завершилась успешно, и существует по меньшей мере одна пара, участвующая в группе агрегации.
- [G6] Управляющее решение добавить пары к группе агрегации/удалить пары из группы агрегации.
- [G7] Одна или несколько пар потеряли свою синхронизацию с группой агрегации.
- [G8] Процедура изменения синхронизации завершилась успешно, и в группе агрегации не осталось ни одной пары.
- [G9] Процедура быстрого изменения завершилась успешно, и имеется по меньшей мере одна пара, участвующая в группе агрегации.
- [G10] Неудача процедуры быстрого изменения (после 3 последовательных ошибок в процедуре быстрого изменения, см. п. 12.3.1.1.1).
- [G11] Процедура быстрого изменения завершилась успешно, и в группе агрегации не осталось ни одной пары.

12.3 Процедуры

Все процедуры инициализируются BTU-C, кроме процедуры потери синхронизации пары, которая также может быть инициализирована BTU-R.

12.3.1 Быстрое изменение

Процедура быстрого изменения инициализируется BTU-C, чтобы как можно быстрее удалить отказавшие пары из группы агрегации. Изменение пар в группе агрегации с использованием процедуры быстрого изменения является быстрым (занимает несколько миллисекунд), но не обеспечивает изменение без нарушения.

Ниже приведено описание работы на каждой стороне и транзакций событий между BTU-C и BTU-R в ходе процедуры быстрого изменения:

- BTU-C передает BTU-R событие `evFastChange` со значением, указывающим участвующие в соединении пары **после** удаления отказавших пар. BTU-C начинает осуществлять диспетчеризацию данных служб согласно новым участвующим парам в начале следующего субблока. BTU-C продолжает передавать событие `evFastChange` до тех пор, пока он не получит такое же событие (с тем же значением битового отображения пар) от BTU-R. BTU-C может запустить новую процедуру быстрого изменения в любой момент, если битовые отображения пар изменяются.
- После получения события `evFastChange` BTU-R декодирует участвующие пары из значения соответствующего поля и передает BTU-C событие `evFastChange` со значением, которое указывает участвующие пары. BTU-R продолжает передавать событие `evFastChange` до тех пор, пока он не получит от BTU-C другое событие (например, событие `evNull`). BTU-R начинает осуществлять диспетчеризацию данных служб согласно новым участвующим парам. Время между приемом события `evFastChange` и переключением таблицы диспетчеризации не должно превышать T_{fcp} ($T_{fcp} = 1$ мс).
- После получения от BTU-R события `evFastChange` BTU-C сравнивает значения участвующих пар и начинает новый процесс быстрого изменения в случае несоответствия (см. рисунок 17).

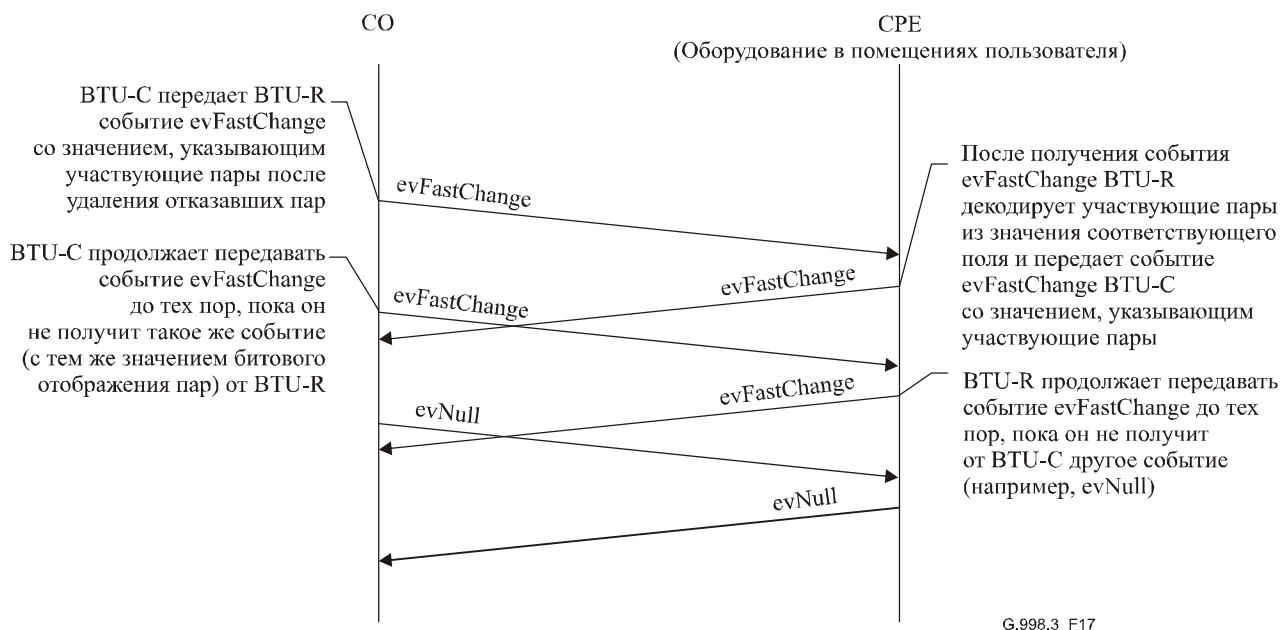


Рисунок 17/G.998.3 – Транзакция быстрого изменения

12.3.1.1 Обработка ошибок

12.3.1.1.1 BTU-C

Следующие отказы могут быть обнаружены в BTU-C в ходе процедуры быстрого изменения:

- BTU-C не получил от BTU-R никаких событий evFastChange в течение времени T_{frs} после начала передачи событий evFastChange ($T_{frs} = 50$ мс).
- BTU-C получает битовое отображение пары, которое не идентично битовому отображению передавшей его пары.
- BTU-C принимает событие evFastChange, не передав какое-либо событие evFastChange.

По обнаружении любого из вышеупомянутых отказов BTU-C должен передать не менее двух события evNull, с тем чтобы сообщить BTU-R о том, что предыдущая транзакция evFastEvent завершена, а затем заново запустить выполнение процедуры быстрого изменения. В новой процедуре быстрого изменения список участвующих пар может быть обновлен.

После трех последовательных отказов BTU-C должен изменить состояние всех пар, связанных с группой агрегации, на состояние "потеря синхронизации с группой" (это действие должно вызвать передачу всех единиц по этим парам) и изменить состояние группы агрегации на состояние "неготовность".

12.3.1.1.2 BTU-R

По получении события evFastChange с недоступными парами в битовом отображении BTU-R должен ответить BTU-C событием evFastChange с пустым битовым отображением пар (битовым отображением, которое не включает ни одной пары). После этого BTU-C должен обнаружить несоответствие в битовом отображении пар полученного события evFastChange и инициировать новую процедуру быстрого изменения.

12.3.2 Изменение синхронизации

BTU-C инициализирует процедуру изменения синхронизации с целью изменения пар, участвующих в группе агрегации, управляемым способом без нарушения. Примерами ее использования являются случаи, когда оператору требуется удалить пару для технического обслуживания, когда требуется больше пар для увеличения полосы пропускания и т. д. Изменение участвующих пар с помощью процедуры изменения синхронизации производится медленнее, чем при использовании процедуры быстрого изменения, но в этом случае обеспечивается сохранение данных служб.

Ниже приведено описание работы на каждой стороне и транзакций событий между BTU-C и BTU-R в ходе процедуры изменения синхронизации:

- BTU-C передает BTU-R событие evSyncChange со значением, указывающим участвующие пары **после** изменения. BTU-C продолжает передавать событие evSyncChange до тех пор, пока он не получит то же событие (с тем же значением битового отображения пар) от BTU-R. BTU-C может запустить процедуру быстрого изменения в любой момент в случае отказа пар в ходе процедуры изменения синхронизации.
- После получения события evSyncChange BTU-R декодирует участвующие пары из значения соответствующего поля и передает BTU-C событие evSyncChange со значением, указывающим новые **ожидаемые** участвующие пары. BTU-R продолжает передавать сообщение evSyncChange до тех пор, пока он не получит от BTU-C событие evConfigSw. Время между получением события evSyncChange от BTU-C и передачей в BTU-R события evSyncChange не должно превышать T_{scp} ($T_{scp} = 18$ мс).
- После приема от BTU-R события evSyncChange BTU-C сравнивает значение участвующих пар и начинает передавать события evConfigSw. Значение, включенное в события evConfigSw, должно быть равно счетчику BTUC_tx_counter (начиная со значения не менее 0x03 и при обратном отсчете во всех суперкадрах), который показывает количество остающихся суперкадров до переключения передатчика BTU-C на новую конфигурацию, включая таблицу диспетчеризации, конфигурацию службы и конфигурацию FEC – перемежителя (IL)).

- При получении первого события evConfigSw BTU-R должен:
 - Начать передавать события evConfigSw назад BTU-C. Значение в этом событии должно быть равно счетчику BTUR_tx_counter (начиная со значения не менее 0x03 и при обратном отсчете во всех суперкадрах), который показывает количество суперкадров, остающихся до переключения передатчика BTU-R на новую конфигурацию.
 - Запустить обратный отсчет с использованием счетчика приемника BTUR_receiver (rx), начиная со значения BTUC_tx_counter, взятого из принятого события evConfigSw.
- Синхронизированное изменение передатчика BTU-C и приемника BTU-R:
 - Передатчик в BTU-C должен начать работать согласно новой конфигурации в начале переданного суперкадра, который следует за суперкадром, в котором значение счетчика BTUC_tx_counter было равно 0x01.
 - Приемник BTU-R должен начать работать согласно новой конфигурации в начале полученного суперкадра, в котором значение счетчика BTUR_rx_counter достигает 0.
- При приеме первого события evConfigSw BTU-C должен начать обратный отсчет с использованием счетчика BTUC_rx_counter, начиная со значения счетчика BTUR_tx_counter, взятого из полученного события evConfigSw.
- Синхронизированное изменение передатчика BTU-R и приемника BTU-C:
 - Передатчик в BTU-R должен начать работать согласно новой конфигурации в начале переданного суперкадра, который следует за суперкадром со значением счетчика BTUR_tx_counter, равным 0x01.
 - Приемник BTU-C должен начать работать согласно новой конфигурации в начале полученного суперкадра, в котором счетчик BTUC_rx_counter достигает 0.

Процедура изменения синхронизации обеспечивает синхронизированный переход на новую конфигурацию в передатчике BTU-C и приемнике BTU-R. Не существует никакой связи между изменением конфигурации приемника и передатчика на одной стороне (BTU-C или BTU-R), поэтому какое-то время приемник и передатчик могут работать с различными конфигурациями (см. рисунок 18).

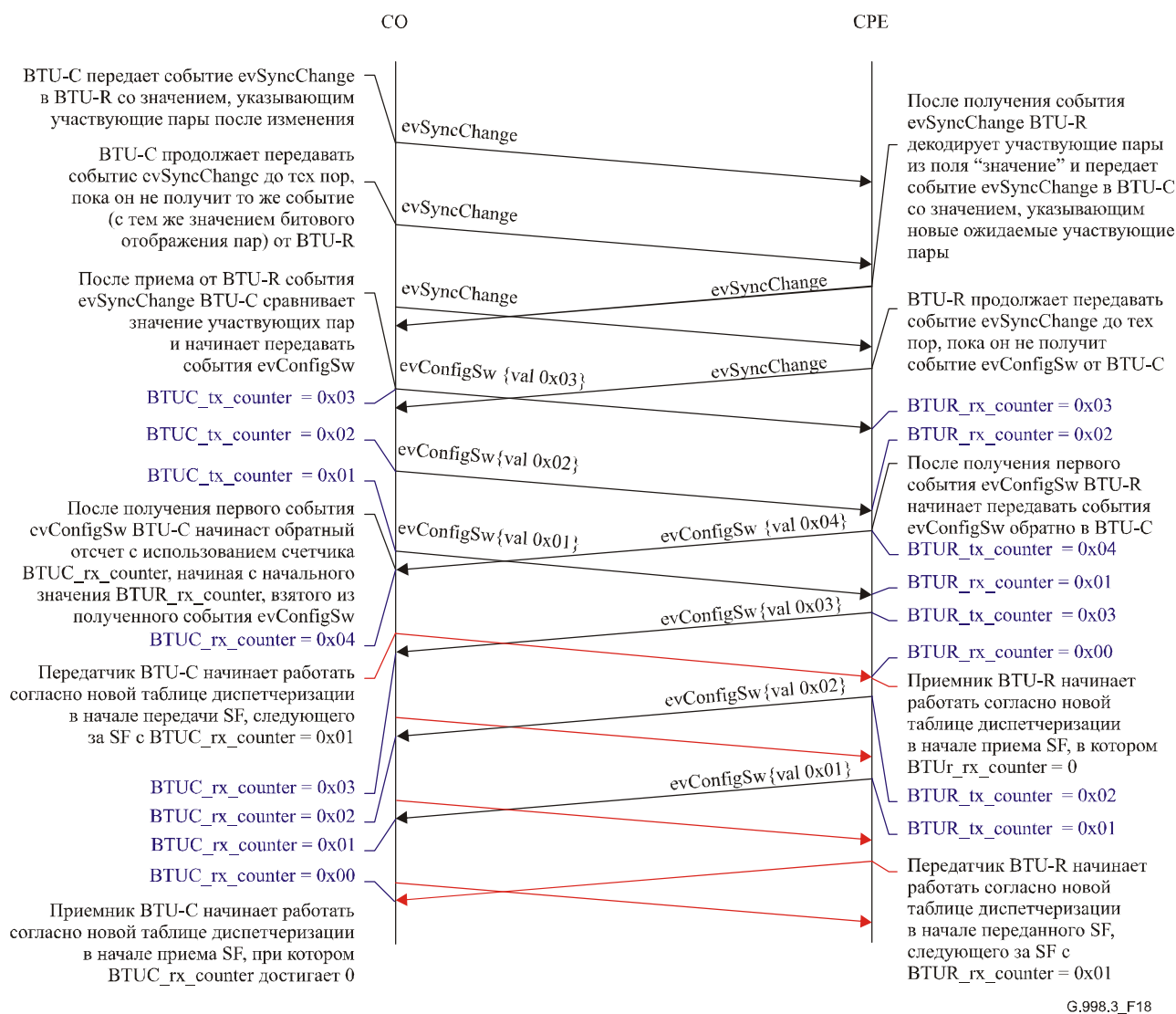


Рисунок 18/G.998.3 – Транзакция "изменение синхронизации"

12.3.2.1 Обработка ошибок

12.3.2.1.1 BTU-C

- 1) Следующие отказы могут быть обнаружены в BTU-C в ходе инициализации процедуры изменения синхронизации:
 - BTU-C не получил от BTU-R никаких событий `evSyncChange` в течение T_{srs} после начала передачи событий `evSyncChange` ($T_{srs} = 50$ мс).
 - BTU-C принимает битовое отображения пары, которое не идентично битовому отображению пары, которая передала его.
 - BTU-C принимает событие `evSyncChange`, не передав ни одного события `evSyncChange`.

Эти отказы могут произойти на предварительной стадии процедуры изменения синхронизации до внесения каких-либо изменений в таблицу диспетчеризации. По обнаружении любого из вышеупомянутых отказов BTU-C должен передать не менее двух событий `evNull`, с тем чтобы сообщить BTU-R о том, что предыдущая транзакция `evSyncEvent` завершена, а состояние конечного автомата группы агрегации должно быть возвращено в состояние "готовность". Решение о повторении процедуры изменения синхронизации или выполнении другого действия зависит от реализации и в настоящей Рекомендации не определяется.

- 2) Следующие отказы могут быть обнаружены в BTU-C после передачи в BTU-R первого события `evConfigSw`:

- BTU-C не получил от BTU-R каких-либо событий `evConfigSw` в течение T_{srs} после начала передачи событий `evConfigSw` ($T_{srs} = 50$ мс).
- BTU-C получил от BTU-R событие `evSyncChange` или событие `evConfigSw` не в качестве ответа на такое же событие, инициированное BTU-C.

В случае таких отказов можно обнаружить, что BTU-R начал изменять свою таблицу диспетчеризации. Поэтому по обнаружении любого из упомянутых выше отказов BTU-C должен передать не менее двух событий `evNull`, чтобы сообщить BTU-R о завершении предыдущей транзакции `evSyncEvent`, а затем начать выполнять процедуру быстрого изменения. В новой процедуре быстрого изменения список участвующих пар может быть обновлен.

- 3) По получении события `evConfigSw` со значением счетчика `BTUR_tx_counter`, которое не коррелируется с его внутренним счетчиком `BTUC_rx_counter`, BTU-C должен установить значение своего счетчика `BTUC_rx_counter` равным полученному значению счетчика `BTUR_tx_counter`.

12.3.2.1.2 BTU-R

- 1) По получении события `evSyncChange` с неизвестными/отключенными парами в битовом отображении BTU-R должен ответить BTU-C событием `evSyncChange` с пустым битовым отображением пар (битовым отображением, которое не включает ни одной пары). После этого BTU-C должен обнаружить несоответствие в битовом отображении пар полученного события `evSyncChange` и должен инициировать новую процедуру изменения синхронизации.
- 2) По получении события `evConfigSw` со значением счетчика `BTUC_tx_counter`, которое не коррелируется с его внутренним счетчиком `BTUR_rx_counter`, BTU-R должен установить значение своего счетчика `BTUR_rx_counter` равным полученному значению счетчика `BTUC_tx_counter`.
- 3) Если процедура изменения синхронизации уже началась (т. е. BTU-R принял не менее одного события `evSyncChange`), BTU-R должен остановить все действия по изменению синхронизации после получения любого события, которое отлично от события `evSyncChange` или `evConfigSw`. BTU-R должен отвечать как обычно на такое событие.

12.3.3 Синхронизация с группой

BTU-C инициирует процедуру синхронизации с группой, чтобы синхронизировать пары с группой агрегации. Этот процесс может начаться, если пара уже логически назначена группе уровнем управления.

Ниже приведено описание работы на каждой стороне и транзакций событий между BTU-C и BTU-R в ходе процедуры синхронизации с группой.

12.3.3.1 В передатчике

- Все пары, которые находятся в состоянии "синхронизация с группой", должны передавать событие `evSync` со значением согласно п. 13.2.3 и значением CRC-6, равным 000000b.
- Пара в BTU-C должна прекратить передачу событий `evSync` после получения от BTU-R события `evSync` с `Value[0]`, указывающим синхронизацию на NE.
- Пара в BTU-R должна прекратить передачу события `evSync` после получения от BTU-C суперкадра с событием или сообщением, отличным от события `evSync`.

12.3.3.2 В приемнике

- Заголовок суперкадра должен выделяться путем обнаружения байтов заголовка. Первый байт заголовка суперкадра должен быть равен 1001111b, а следующий байт – 01111011b. Расстояние между этими двумя байтами должно быть равно $8 \times n_i$ битов (n_i связана со скоростью пары: $n_i = \text{rate}/8$ кбит/с). Следующие байты заголовка суперкадра должны находиться на таком же расстоянии $8 \times n_i$ битов и должны дополнять весь заголовок суперкадра согласно п. 6.2.

- Приемник ожидает получения событий evSync со значением, указывающим на распределение пары группе агрегации, номер пары и состояние синхронизации (см. п. 13.2.3). Индикация состояния синхронизации указывает на локальную синхронизацию или на полную синхронизацию.
- Процедура должна прекратиться, если имеются ошибочные значения (т. е. MSB установлен равным "1" в Value[0]), что указывает на проблемы при синхронизации пар, и ожидается управляющее решение.

12.3.3.3 Обработка ошибок

Любая ошибка CRC в заголовке кадра (CRC-4) или в событии evSync (CRC-8) в ходе процедуры синхронизации с группой должна перезапустить процедуру синхронизации с группой и должна установить индикацию состояния синхронизации (Value[0]) со значением "синхронизация отсутствует".

12.3.4 Назначение пары группе агрегации

Процедура назначения пары группе агрегации инициируется уровнем управления для назначения пары группе агрегации.

Чтобы начать процедуру назначения пары группе агрегации, эта пара должна находиться в состоянии "активизация".

Процедура назначения пары группе агрегации включает установку номера группы агрегации и логического номера пары, которые используются процедурой синхронизации с группой для синхронизации пары с группой агрегации. После завершения процедуры синхронизации с группой пара находится в состоянии "синхронизирована с группой", и уровень управления может добавить эту пару к группе агрегации, используя процедуру изменения синхронизации. К концу процедуры изменения синхронизации пара находится в состоянии "часть группы".

12.3.5 Потеря синхронизации пары

Процедура потери синхронизации пары начинается после приема 10 (десяти) последовательных кадров, содержащих ошибки (неправильная CRC-4 или неправильный бит SF). В BTU-C и в BTU-R используются одни и те же критерии, и эта процедура может быть инициализирована как BTU-C, так и BTU-R.

После приема 10 (десяти) последовательных кадров, содержащих ошибки (неправильная CRC-4 или неправильный бит SF), состояние пары должно измениться на "потеря синхронизации с группой".

Каждая пара, которая находится в состоянии "потеря синхронизации с группой" (в BTU-C и в BTU-R), должна передавать "все единицы". Последовательность "все единицы" должна заменить всю полезную нагрузку пары, включая заголовок кадра. Передача этой последовательности заставляет FE также инициировать процедуру потери синхронизации пары, если она не была еще начата.

После объявления пары или пар "потерявшими синхронизацию с группой" BTU-C должен запустить процедуру быстрого изменения, чтобы удалить эти пары из группы агрегации. Когда процедура быстрого изменения завершается успешно, уровень управления должен решить, изменять ли состояние этих пар на состояние "неготовность" или на состояние "синхронизация с группой".

ПРИМЕЧАНИЕ. – Процедура потери синхронизации пары должна использоваться для быстрого восстановления после отключения пары, а не для осуществления удаления пары из-за высокого коэффициента BER. Пары с высоким BER должны удаляться из группы агрегации, используя процедуру изменения синхронизации.

13 Канал связи соединения (BCC) TDIM

13.1 Введение

Концепция канала связи соединения (BCC) аналогична концепции встроенного информационного канала связи (EOC). BCC передается в служебных данных формирования кадров и имеет постоянную полосу пропускания, составляющую 1 байт за 2 мс. BCC используется в соединении TDIM для управления различными аспектами соединения с помощью управляющих каналов связи между равноранговыми объектами.

Имеются два канала связи между равноранговыми объектами – события с высоким приоритетом и сообщения с низким приоритетом. Оба канала используют биты данных в заголовке кадра в поле Data[7:0] и отличаются битом индикации M/E. Более подробная информация приведена в п. 6.2.2.

13.2 События

13.2.1 Введение

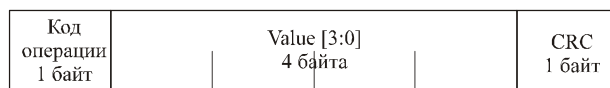
События – это короткие дейтаграммы с фиксированной длиной и высоким приоритетом, используемые для быстрой связи между равноранговыми объектами для обработки потерь модема, переключения таблицы диспетчеризации, переключения параметров FEC и IL, а также для изменения конфигураций служб.

События всегда передаются по всем парам, которые принадлежат группе агрегации в начале SF.

Событие может прервать передачу сообщения путем изменения состояния бита индикации в заголовке кадра. Бит индикации M/E должен быть установлен на "0" в начале SF.

13.2.2 Формат

Событие имеет фиксированную длину 6 байтов, его формат показан на рисунке 19. События начинаются в начале SF.



G.998.3_F19

Рисунок 19/G.998.3 – Формат события

- Код операции – Идентифицирует событие, 1 байт.
- Value (значение) – Содержит информацию, которая передается событием, 4 байта.
- CRC – используется для проверки правильности события, 1 байт.

13.2.3 Типы и значения

В таблице 7 определяются типы событий и значения различных полей события.

Таблица 7/G.998.3 – Коды и значения событий

Код операции	Название события	Value [3:0]	Описание
0x00	evNull	0x00000000	Нулевое событие. Должно передаваться всегда, когда нет другого события или сообщения для передачи.
0x01	evFastChange	Битовое отображение пар, которые должны быть частью группы агрегации, содержащей несколько пар после изменения. Это битовое отображение относится к битовому отображению пар после стадии обнаружения пар согласно нумерации пар, используемой в байте Value[1] значения события evSync. Первым передается MSB (в Value[3]), а последним передается LSB (в Value[0]).	Быстрое изменение пар, которые являются частью группы агрегации.
0x02	evSyncChange	Битовое отображение пар, которые должны после изменения входить в группу агрегации, содержащую несколько пар. Это битовое отображение относится к битовому отображению пар после стадии обнаружения пар согласно нумерации пар, используемой во втором байте значения события evSync. Первым передается MSB (в Value[3]), а последним передается LSB (в Value[0]).	Синхронизированное (управляемое) изменение пар, которые являются частью группы агрегации.
0x03	evConfigSw	Количество суперкадров, которые должны быть переданы перед переключением на новую конфигурацию.	Индикация переключения конфигурации. Определяет количество суперкадров, которые должны быть переданы равноранговому объекту перед переключением на новую конфигурацию. Эта конфигурация включает: – таблицу диспетчеризации; – конфигурацию служб; – конфигурацию FEC/перемежителя.
0xFF	evSync	Value[3] – значение 0x5A. Value[2] – номер группы агрегации. Значение 0xFF должно использоваться BTU-C, если пара не назначена группе агрегации, и BTU-R для указания того, что номер группы еще не был присвоен ей. Value[1] – номер пары в группе агрегации. Значение 0xFF должно использоваться BTU-C, если эта пара не назначена группе агрегации, и BTU-R для указания того, что номер пары еще не был присвоен ей.	

Таблица 7/G.998.3 – Коды и значения событий

Код операции	Название события	Value [3:0]	Описание
		Value[0] – индикация состояния синхронизации со следующими значениями: 0x00 – Синхронизация отсутствует 0x01 – Ближний конец синхронизирован 0x02 – Ближний конец и удаленный конец синхронизированы 0x80 – BTU-R уже имеет другой номер группы агрегации. Данное значение должно передаваться только BTU-R в том случае, когда номер группы агрегации, полученный этой парой, отличается от номера, уже полученного другими парами. 0x81 – BTU-R уже имеет этот номер пары. Данное значение должно передаваться только BTU-R в том случае, когда номер группы агрегации, полученный этой парой, совпадает с номером, уже полученным другими парами, причем номер пары, полученный этой парой, уже используется другой парой.	Попытка синхронизации. Это событие должно передаваться при синхронизации пары с группой агрегации. Это значение указывает на то, синхронизирована ли пара, а также указывает номер группы агрегации и номер пары. Данными полезной нагрузки в этой паре должны быть повторяющиеся 0xE2.

13.2.3.1 CRC

8-битовый CRC должен формироваться для данных каждого события (исключая поле CRC) и должен передаваться в поле CRC, как определено в п. 13.2.2.

Кодирование восьми битов поля CRC определяется образующим полиномом $G(x) = x^8 + x^7 + x^2 + 1$ (который равен $(x^7 + x + 1)(x + 1)$). Этот код может обнаружить ошибки в одном, двух и трех битах (и будет отказывать только в случае ошибок в 4 и более битах). С математической точки зрения значение CRC, соответствующее данному сообщению события, определяется следующей процедурой:

- Первые 8 битов сообщения события дополняются.
- Затем 40 битов сообщения события рассматриваются как коэффициенты полинома $M(x)$ степени 39. Первый бит сообщения события соответствует члену x^{39} , а последний бит сообщения события – члену x^0 .
- $M(x)$ умножают на x^8 и делят на $G(x)$, что дает остаток $R(x)$ степени 7.
- Коэффициенты $R(x)$ рассматриваются как 8-битовая последовательность.
- Битовая последовательность дополняется, в результате получают CRC.
- 8 битов значения CRC помещают в поле CRC события так, чтобы член x^7 находился в самом левом бите поля CRC, а член x^0 – в самом правом бите поля CRC. Таким образом, биты CRC передаются в порядке $x^7, x^6, \dots, x^1, x^0$.

13.3 Сообщения

13.3.1 Введение

Сообщения – это дейтаграммы переменного размера с низким приоритетом, которые предназначены для медленной связи между равноранговыми объектами для обработки не критических ко времени данных, таких как инвентаризационная информация, конфигурация, контроль рабочих характеристик, техническое обслуживание и т. д. Сообщения всегда передаются по всем парам, которые принадлежат группе агрегации. Аналогично событиям сообщения выровнены по SF, а их полная длина всегда кратна 6 байтам.

Полная длина сообщения является переменной, составляя от 6 до 126 ($= 6 \times 21$) байтов, таким образом, части одного сообщения могут находиться в нескольких суперкадрах. Бит индикации М/Е должен быть установлен на "1" в начале каждого SF в течение передачи всего сообщения.

Если сообщение прервано событием где-то посередине, оно должно быть передано повторно.

13.3.2 Формат

Формат сообщения показан на рисунке 20.

Длина 1 байт	Тело сообщения [Длина сообщения в байтах]	CRC-8 1 байт
-----------------	--	-----------------

G.998.3_F20

Рисунок 20/G.998.3 – Формат сообщения

- Длина – Определяет длину тела сообщения в байтах, 4.. 124.
- Тело сообщения – Содержит информацию сообщения, его длина в байтах определяется полем "длина". Тело сообщения содержит идентификатор сообщения (Msg ID) (первый байт), который определяет формат последующих данных.
- CRC-8 – Используется для проверки правильности сообщения, 1 байт.

13.3.3 Типы и содержание

Описание сообщений BCC приведено в таблице 8.

Таблица 8/G.998.3 – Сообщения BCC

Msg ID	Длина тела сообщения	Тип сообщения	Иницирующий блок (BTU-C, BTU-R)	Описание
0	4	Невозможность выполнения (UTC)	-C, -R	Отвечающий блок не смог выполнить запрос.
1	4	Запрос инвентаризационной информации	-C, -R	Запрос версии протокола TDIM и идентификатора производителя.
2	10	Ответ на запрос инвентаризационной информации	-C, -R	Ответ с версией протокола TDIM и идентификатором производителя.
3	4	Запрос средства контроля рабочих характеристик (PM)/статистики	-C, -R	Используется для запроса/инициализации всех PM/статистики на уровне TDIM.
4	10	Ответ на запрос PM/статистики	-C, -R	Статистика на уровне TDIM (нарушение CRC-4/6/8 и т. д.).
5	Переменная (4–124)	Запрос отображения служб	-C, -R (только получение)	Получить/установить отображение типов интерфейсов служб.
6	Переменная (4–124)	Ответ на запрос отображения служб	-C, -R	Отображение типов интерфейсов служб.
7	Переменная (4–124)	Запрос конфигурации служб TDM	-C, -R (только получение)	Получить/установить конфигурацию службы TDM.
8	Переменная (4–124)	Ответ на запрос конфигурации служб TDM	-C, -R	Конфигурация службы TDM.

Таблица 8/G.998.3 – Сообщения ВСС

Msg ID	Длина тела сообщения	Тип сообщения	Иницирующий блок (BTU-C, BTU-R)	Описание
9	Переменная (4–124)	Запрос конфигурации асинхронных служб	-C, -R (только получение)	Получить/установить конфигурацию асинхронной службы.
10	Переменная (4–124)	Ответ на запрос конфигурации асинхронных служб	-C, -R	Конфигурация асинхронной службы.
11	4	Запрос возможности FEC	-C, -R (только получение)	Получить/включить/отключить FEC-IL.
12	4	Ответ на запрос возможности FEC	-C, -R	Ответ на запрос возможности FEC, включает параметры FEC-IL.
13	4	Запрос соответствия пар	-C, -R	Запрос соответствия логических пар физическим парам.
14	Переменная (4–67)	Ответ на запрос соответствия пар	-C, -R	Ответ на запрос соответствия логических пар физическим парам.
15–127		Зарезервированы		Зарезервированы.
128–255		Специальное сообщение производителя		Зарезервированы для специальных сообщений производителя.

13.3.4 Содержание сообщений

Содержание всех сообщений будет определено в следующих пунктах.

Если какое-либо сообщение имеет длину сообщения, превышающую ожидаемую, и получено в кадре с правильным CRC, то известная часть сообщения должна использоваться, а дополнительные октеты должны отбрасываться. Это позволит добавлять новые поля к существующим сообщениям и поддерживать обратную совместимость. Новые поля данных должны помещаться только в зарезервированные биты после последнего ранее определенного октета данных.

Зарезервированные биты и октеты должны быть заполнены значением 0x0 для прямой совместимости.

Ответные сообщения могут указывать на "невозможность выполнения" (UTC). Обратите внимание на то, что это не индикация несоответствия. UTC указывает, что отвечающий модуль не смог выполнить запрос.

13.3.4.1 Невозможность выполнения

Универсальное сообщение UTC должно быть возвращено исходному блоку в том случае, если блок адресата не смог обеспечить выполнение запроса. В этом случае определение UTC зависит от производителя. Обратите внимание на то, что это сообщение не предназначено для замены бита UTC в тех ответных сообщениях, которые содержат бит UTC.

Таблица 9/G.998.3 – Невозможность выполнения

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 0	Идентификатор сообщения	
2	MsgID сообщения запроса	Идентификатор сообщения	
3–4	Зарезервированы		

13.3.4.2 Запрос инвентаризационной информации

Сообщение "запрос инвентаризационной информации" используется для запроса инвентаризационной информации, относящейся к уровню агрегации на удаленном конце. Ответом на этот запрос должно быть сообщение, имеющее идентификатор сообщения, равный 2 (ID 2).

Таблица 10/G.998.3 – Запрос инвентаризационной информации

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 1	Идентификатор сообщения	
2–4	Зарезервированы		

13.3.4.3 Ответ на запрос инвентаризационной информации

Сообщение "ответ на запрос инвентаризационной информации" передается в ответ на сообщение "запрос инвентаризационной информации" (идентификатор сообщения равен 1). Оно содержит инвентаризационную информацию, относящуюся к уровню агрегации исходного BTU.

Таблица 11/G.998.3 – Ответ на запрос инвентаризационной информации

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 2	Идентификатор сообщения	
2,4–7	Основная версия	1–15	Основная версия протокола агрегации TDIM. Текущее значение = 1.
2,0–3	Неосновная версия	0–15	Неосновная версия протокола агрегации TDIM. Текущее значение = 0.
3–10	Идентификатор производителя	Строка октетов	Идентификатор производителя уровня агрегации TDIM (упорядоченный аналогично идентификатору продавца в Рекомендации МСЭ-T G.994.1).

13.3.4.4 Запрос РМ/статистики

Сообщение "запрос РМ/статистики" используется для запроса РМ/статистики на уровне агрегации на удаленном конце. Ответ на этот запрос должен быть сообщением с идентификатором сообщения, равным 4.

Таблица 12/G.998.3 – Запрос РМ/статистики

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 3	Идентификатор сообщения	
2	Запрос	8-битовое целое без знака (uint 8)	0 – Запрос отчета по РМ/статистике. 1 – Инициализировать все счетчики РМ/статистики на удаленном конце.
3–4	Зарезервированы		

13.3.4.5 Ответ на запрос РМ/статистики

Сообщение "ответ на запрос РМ/статистики" передается в ответ на сообщение запроса РМ/статистики (идентификатор сообщения равен 3) или самостоятельно по усмотрению BTU-R. Оно содержит статистику, относящуюся к уровню агрегации исходного BTU.

Таблица 13/G.998.3 – Ответ на запрос РМ/статистики

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 4	Идентификатор сообщения	
2, 3	Количество неправильных CRC-4	16-битовое целое без знака (uint 16)	Ошибки в кадрах. Сумма ошибок CRC-4 по всем парам в группе агрегации, одновременные ошибки в m линиях должны вычисляться m раз.
4, 5	Количество неправильных CRC-6	uint 16	Ошибки SF. Сумма по всем парам в группе агрегации.
6, 7	Количество неправильных CRC-8	uint 16	Количество искаженных событий/сообщений, сумма по всем парам в группе агрегации.
8–10	Зарезервированы		

13.3.4.6 Запрос отображения служб

Сообщение "запрос отображения служб" позволяет BTU сделать запрос и управлять тем, как интерфейсы служб блока на удаленном конце отображаются (мультиплексором служб) в субблоки соединения агрегированного канала. Ответом на этот запрос должно быть сообщение с идентификатором сообщения, равным 6.

Таблица 14/G.998.3 – Запрос отображения служб

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 5	Идентификатор сообщения	Запрос удаленного конца передать отображение соответствующих служб.
2,7	Запрос	бит (0–1)	0 – Запрос отчета. 1 – Установить (только BTU-C).
2,0–6	Зарезервированы		
3	Количество служб (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	Обозначение типа службы для службы 1 ($j = 1$ в п. 10.2)	uint 8	Применим только к команде "установить". Определяет, какой тип службы отображается в службу 1 (самый высокий приоритет).
5	Обозначение типа службы для службы 2 ($j = 2$ в п. 10.2)	uint 8	Применим только к команде "установить". Определяет, какой тип службы отображается в службу 2 (2-й по значимости приоритет).
.			
.			
.			
NS+3	Обозначение типа службы для службы NS ($j = NS$ в п. 10.2)	uint 8	Применим только к команде "установить". Определяет, какой тип службы отображается в службу NS (самый низкий приоритет).

Обратите внимание на то, что отображение службы – это установка приоритета службы. За сообщением "запрос отображения служб" со значением запроса 1 (установить) всегда должно следовать событие evConfigSw, которое обеспечивает синхронизированное изменение конфигурации как в BTU-C, так и в BTU-R.

Значения обозначения типа службы приведены ниже:

- 1) Полный канал DS1;
- 2) Полный канал E1;
- 3) Неполный канал DS1;
- 4) Неполный канал E1;

- 5) DS3;
- 6) E3;
- 7) Передача синхронизации;
- 8) Ethernet;
- 9) ATM;
- 10) GFP.

13.3.4.7 Ответ на запрос отображения служб

Сообщение "ответ на запрос отображения служб" передается в ответ на сообщение запроса отображения служб (идентификатор сообщения равен 5). Оно информирует о том, какие интерфейсы служб исходного BTU отображаются в службы в агрегированном канале.

Таблица 15/G.998.3 – Ответ на запрос отображения служб

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 6	Идентификатор сообщения	
2	Количество служб (NS)	uint 8	NS = 0..60
3	Обозначение типа службы для службы 1 ($j = 1$ в п. 10.2)	uint 8	Определяет, какой тип службы отображается в службу 1 (самый высокий приоритет).
4	Обозначение типа службы для службы 2 ($j = 2$ в п. 10.2)	uint 8	Определяет, какой тип службы отображается в службу 2 (2-й по значимости приоритет).
.			
.			
.			
NS+2	Обозначение типа службы для службы NS ($j = NS$ в п. 10.2)	uint 8	Определяет, какой тип службы отображается в службу NS (самый низкий приоритет).

Текущие значения для всех параметров должны возвращаться в ответ на запрос отображения служб со значением запроса 1 (установить) (Request value 1 (Set)), после того как они были установлены равными затребованным значениям событием evConfigSw.

13.3.4.8 Запрос конфигурации служб TDM

Сообщение "запрос конфигурации служб TDM" позволяет BTU запросить конфигурацию служб TDM и управлять ею, если в сообщении "запрос отображения служб" запрошена дополнительная информация. Ответом на этот запрос должно быть сообщение с идентификатором сообщения, равным 8.

Таблица 16/G.998.3 – Запрос конфигурации служб TDM

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 7	Идентификатор сообщения	Запрос удаленного конца передать свою конфигурацию служб TDM.
2,7	Запрос	бит (0–1)	0 – Запрос отчета. 1 – Установить (только BTU-C).
2,0–6	Зарезервированы		
3	Количество служб (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	P ₁	uint 8	Количество подканалов (P, см. п. 10.2), если служба 1 имеет обозначение типа службы 3 (неполный DS1) или 4 (неполный E1), в противном случае 0.
5	P ₂	uint 8	Количество подканалов (P, см. п. 10.2), если служба 2 имеет обозначение типа службы 3 (неполный DS1) или 4 (неполный E1), в противном случае 0.
.	.		
.	.		
.	.		
NS+3	P _{NS}	uint 8	Количество подканалов (P, см. п. 10.2), если служба NS имеет обозначение типа службы 3 (неполный DS1) или 4 (неполный E1), в противном случае 0.

За сообщением "запрос конфигурации служб TDM" со значением запроса 1 (установить) всегда должно следовать сообщение evConfigSw, которое обеспечивает синхронизированное изменение конфигурации как в BTU-C, так и в BTU-R.

13.3.4.9 Ответ на запрос конфигурации служб TDM

Сообщение "ответ на запрос конфигурации служб TDM" передается в ответ на сообщение запроса конфигурации служб TDM (идентификатор сообщения равен 7). Оно содержит конфигурацию служб TDM с дополнительной информацией к сообщению "запрос отображения служб".

Таблица 17/G.998.3 – Ответ на запрос конфигурации служб TDM

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 8	Идентификатор сообщения	Сообщение с конфигурацией служб.
2,7	Ответ	бит (0–1)	0 – ОК. 1 – UTC.
2,0–6	Зарезервированы		
3	Количество служб (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	P ₁	uint 8	Количество подканалов (P, см. п. 10.2), если служба 1 имеет обозначение типа службы 3 (неполный DS1) или 4 (неполный E1), в противном случае 0.
5	P ₂	uint 8	Количество подканалов (P, см. п. 10.2), если служба 2 имеет обозначение типа службы 3 (неполный DS1) или 4 (неполный E1), в противном случае 0.
.	.		
.	.		
.	.		
NS+3	P _{NS}	uint 8	Количество подканалов (P, см. п. 10.2), если служба NS имеет обозначение типа службы 3 (неполный DS1) или 4 (неполный E1), в противном случае 0.

Текущие значения всех параметров должны возвращаться в ответ на сообщение "запрос конфигурации служб TDM" со значением запроса 1 (установить), после того как они были установлены равными затребованным значениям событием evConfigSw.

13.3.4.10 Запрос конфигурации асинхронных служб

Сообщение "запрос конфигурации асинхронных служб" позволяет BTU запрашивать конфигурацию асинхронных служб и управлять ею, если требуется дополнительная информация для сообщения "запрос отображения служб". Ответом на этот запрос должно быть сообщение с идентификатором сообщения, равным 10.

Таблица 18/G.998.3 – Запрос конфигурации асинхронных служб

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 9	Идентификатор сообщения	Запросить удаленный конец передать конфигурацию его асинхронных служб.
2,7	Запрос	бит (0–1)	0 – Запрос отчета. 1 – Установить (только BTU-C).
2,6	Необязательная FCS для инкапсуляции GFP	бит (0–1)	0 – Нет. 1 – Использовать FCS.
2,0–5	Зарезервированы		
3	Количество служб (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	N ₁	uint 8	Максимальное количество байтов службы 1 в субблоке соединения длительностью 125 мкс, если служба 1 имеет обозначение типа службы 8 (Ethernet), или 9 (ATM), или 10 (GFP), в противном случае 0.
5	N ₂	uint 8	Максимальное количество байтов службы 2 в субблоке соединения длительностью 125 мкс, если служба 2 имеет обозначение типа службы 8 (Ethernet), или 9 (ATM), или 10 (GFP), в противном случае 0.
.	.		
.	.		
.	.		
NS+3	N _{NS}	uint 8	Максимальное количество байтов службы NS в субблоке соединения длительностью 125 мкс, если служба NS имеет обозначение типа службы 8 (Ethernet), или 9 (ATM), или 10 (GFP), в противном случае 0.

За сообщением "запрос конфигурации асинхронных служб" со значением запроса 1 (установить) всегда должно следовать событие evConfigSw, которое обеспечивает синхронизированное изменение конфигурации как в BTU-C, так и в BTU-R.

13.3.4.11 Ответ на запрос конфигурации асинхронных служб

Сообщение "ответ на запрос конфигурации асинхронных служб" передается в ответ на сообщение "запрос конфигурации асинхронных служб" (идентификатор сообщения равен 9). Оно содержит конфигурацию асинхронных служб с дополнительной информацией к сообщению "запрос отображения служб".

Таблица 19/G.998.3 – Ответ на запрос конфигурации асинхронных служб

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 10	Идентификатор сообщения	Сообщение "конфигурация служб".
2,7	Ответ	бит (0–1)	0 – ОК. 1 – UTC.
2,6	Необязательная FCS для инкапсуляции GFP	бит (0–1)	0 – FCS не используется. 1 – FCS используется.
2,0–5	Зарезервированы		
3	Количество служб (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	N ₁	uint 8	Максимальное количество байтов службы 1 в субблоке соединения длительностью 125 мкс, если служба 1 имеет обозначение типа службы 8 (Ethernet), или 9 (ATM), или 10 (GFP), в противном случае 0.
5	N ₂	uint 8	Максимальное количество байтов службы 2 в субблоке соединения длительностью 125 мкс, если служба 2 имеет обозначение типа службы 8 (Ethernet), или 9 (ATM), или 10 (GFP), в противном случае 0.
.	.		
.	.		
.	.		
NS+3	N _{NS}	uint 8	Максимальное количество байтов службы NS в субблоке соединения длительностью 125 мкс, если служба NS имеет обозначение типа службы 8 (Ethernet), или 9 (ATM), или 10 (GFP), в противном случае 0.

Текущие значения для всех параметров должны быть возвращены в ответ на запрос конфигурации асинхронных служб со значением запроса 1 (установить), после того как они были установлены равными затребованным значениям событием evConfigSw.

13.3.4.12 Запрос возможности FEC

О возможности FEC/перемежитель сообщается и она согласуется в ходе установления службы с помощью сообщений BCC. Запрос возможности FEC используется для того, чтобы запросить возможность FEC на удаленном конце и управлять ею. Ответом на этот запрос должно быть сообщение с идентификатором сообщения 12.

За сообщением "запрос возможности FEC" со значением запроса "отключить" (disable) или "включить" (enable) всегда должно следовать событие evConfigSw, которое обеспечивает синхронизированное изменение конфигурации как в BTU-C, так и в BTU-R. Сообщение "ответ на запрос возможности FEC" должно передаваться блоком BTU-R только после получения события evConfigSw.

Таблица 20/G.998.3 – Запрос возможности FEC

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 11	Идентификатор сообщения	
2,6–7	Запрос	Перечисляемое (enum) (0–2)	0 – Запрос отчета о возможности FEC. 1 – Отключить FEC (только BTU-C). 2 – Включить FEC (только BTU-C).
2,3–5	Зарезервированы		
2,0–2	Длина слова избыточности (2, 4, 8, 16, 20)	enum (1–4)	Размер слова избыточности FEC (2^k для $k = 1..4$, 20 для $k = 5$). Если значение запроса равно 0 или 1 (запрос/отключить), то это значение игнорируется.
3	Длина кодового слова (в октетах)	enum (20–255)	Размер кодового слова FEC. Если значение запроса равно 0 или 1 (запрос/отключить), то это значение игнорируется.
4,6–7	Зарезервированы		
4,3–5	Параметр В перемежителя	enum (0–5)	Параметр В перемежителя. Глубина перемежителя = $3^A * 2^B$. Если значение запроса равно 0 или 1 (запрос/отключить), то это значение игнорируется.
4,2	Параметр А перемежителя	enum (0–1)	Параметр А перемежителя. Если значение запроса равно 0 или 1 (запрос/отключить), то это значение игнорируется.
4,0–1	Тип перемежителя	enum (0–2)	0 – Перемежитель не используется. 1 – Блочный перемежитель. 2 – Сверточный перемежитель.

13.3.4.13 Ответ на запрос возможности FEC

Сообщение "ответ на запрос возможности FEC" передается в ответ на сообщение "запрос возможности FEC" (идентификатор сообщения равен 11). Оно содержит параметры FEC и перемежителя для исходного BTU.

Таблица 21/G.998.3 – Ответ на запрос возможности FEC

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 12	Идентификатор сообщения	
2,7	Ответ	enum (0–1)	0 – ОК. 1 – UTC (невозможность выполнения).
2,3–6	Зарезервированы		
2,0–2	Длина слова избыточности (2, 4, 8, 16, 20)	enum (1–4)	Текущая/максимальная поддерживаемая длина слова избыточности (2^k для $k = 1..4$, 20 для $k = 5$). Если FEC не поддерживается, то это значение должно быть равно 0. Если FEC отключена, то в ответ на запрос передается максимальное возможное значение. Если FEC включена, то в ответ на запрос передается текущее значение.
3	Длина кодового слова (в октетах)	enum (20–255)	Текущая/максимальная поддерживаемая длина кодового слова FEC. Если FEC не поддерживается, то это значение должно быть равно 0. Если FEC отключена, то в ответ на запрос передается максимальное возможное значение. Если FEC включена, то в ответ на запрос передается текущее значение.
4,6–7	Зарезервированы		
4,3–5	Параметр В перемежителя	enum (0–5)	Текущий/максимальный поддерживаемый параметр В перемежителя. $\text{Глубина перемежителя} = 3^A \times 2^B$. Если перемежитель не поддерживается, то это значение должно быть равно 0. Если перемежитель отключен, то в ответ на запрос передается максимальное возможное значение. Если перемежитель включен, то в ответ на запрос передается текущее значение.
4,2	Параметр А перемежителя	enum (0–1)	Текущий/максимальный поддерживаемый параметр А перемежителя. Если перемежитель не поддерживается, то это значение должно быть равно 0. Если перемежитель отключен, то в ответ на запрос передается максимальное возможное значение. Если перемежитель включен, то в ответ на запрос передается текущее значение.
4,0–1	Тип перемежителя	enum (0–3)	00 – Ни один тип перемежителя не поддерживается. 01 – Поддерживается блочный перемежитель. 10 – Поддерживается сверточный перемежитель. 11 – Поддерживаются оба типа перемежителей.

Если BTU-R не поддерживает FEC, то он должен передать значение UTC в поле ответа на запрос FEC от BTU-C, чтобы включить FEC. Если FEC отключена, то в ответ на сообщение запроса FEC должны быть переданы максимальные возможные значения всех параметров. Текущие значения для всех параметров должны передаваться в ответ на запрос включить FEC, после того как они были установлены равными затребованным значениям событием evConfigSw.

13.3.4.14 Запрос соответствия пар

Сообщение "запрос соответствия пар" используется для определения соответствия между номером физической пары (или шлейфа), помеченным на оборудовании, и логическим порядковым номером пары проводов (или шлейфа). Это соответствие зависит от производителя, однако эта информация полезна для поиска неисправностей в цепях. Ответом на этот запрос должно быть сообщение с идентификатором сообщения, равным 14.

Таблица 22/G.998.3 – Запрос соответствия пар

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 13	Идентификатор сообщения	
2–4	Зарезервированы		

13.3.4.15 Ответ на запрос соответствия пар

Сообщение "ответ на запрос соответствия пар" передается в ответ на сообщение запроса соответствия пар (идентификатор сообщения равен 13). Оно используется для определения соответствия между номером физической пары (или шлейфа) и логическим порядковым номером пары проводов (или шлейфа). Физический номер пары – это номер, помеченный на самом оборудовании. Физический номер пары состоит из двух октетов, причем первый октет содержит старший байт, а второй октет – младший байт. Например, если 16-разрядный номер в октетах 3/4 содержит значение 4, то логическая пара проводов 1 в текущей группе соответствует физической паре оборудования, обозначенной номером 4.

Таблица 23/G.998.3 – Ответ на запрос соответствия пар

Номер октета	Содержание	Тип данных	Описание
1	MsgID = 14	Идентификатор сообщения	
2	Количество пар = M	uint 8 (1..32)	Количество пар проводов в группе агрегации.
3, 4	Физическая пара номер 1	uint 16	Физический номер пары, соответствующей 1-й логической паре в группе агрегации.
5, 6	Физическая пара номер 2	uint 16	Физический номер пары, соответствующей 2-й логической паре в группе агрегации.
.	.		
.	.		
.	.		
2 × M + 1, 2 × M + 2	Физическая пара номер M	uint 16	Физический номер пары, соответствующей M-й логической паре в группе агрегации.

13.3.4.16 Зарезервированы

Идентификаторы сообщений 15–127 зарезервированы.

13.3.4.17 Специальные сообщения производителя

Идентификаторы сообщений 128–255 зарезервированы для специальных (фирменных) сообщений производителя.

14 Процедура установления связи

14.1 Обзор

Все пары (модемы) системы соединения должны использовать процедуру G.Handshake, которая определена в Рекомендации МСЭ-Т G.994.1 для запуска и выбора режима "синхронный режим передачи" (STM) для каждой пары. Согласование G.Handshake и выбор параметров модемов должны осуществляться в соответствии с технологией модемов.

В стандарте Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE) 802.3ah определяется процедура обнаружения пары. Такое же обнаружение пары должно использоваться в соединении с TDIM с применением кодовых точек обнаружения, не зависящего от физической среды (PMI), которые определены в Рекомендации МСЭ-Т G.994.1.

14.2 Кодовая точка соединения Nprag(2)

В Рекомендации МСЭ-Т G.994.1 определяется кодирование Nprag(2) соединения в поле идентификации (таблица 9.37). Система TDIM должна устанавливать бит "TDIM bonding" (соединение TDIM) на "1" в сообщениях об установлении связи CLR/CL по всем модемам.

14.3 Обнаружение пары

В стандарте IEEE 802.3ah определяются процесс и транзакции установления связи для обнаружения пары, см. пп. 61.2.2.8.3, 61.3.12.1, 61.A2. Система TDIM должна использовать те же процесс обнаружения пары и транзакции для идентификации модемов на удаленном конце, принадлежащих к той же группе агрегации, включая стандарт IEEE 802.3ah посредством ссылки.

Использование транзакций установления связи для обнаружения пары служит средством для обнаружения несоответствия без необходимости активизации всей системы. Однако после инициализации системы должны использоваться сообщения соответствия пар (см. пп. 13.3.4.14 и 13.3.4.15), которые должны иметь приоритет по отношению к обнаружению пары при установлении связи.

15 Контроль рабочих характеристик

Следующие счетчики РМ используются для контроля рабочих характеристик группы агрегации.

Таблица 24/G.998.3 – Счетчики контроля рабочих характеристик

Регистр РМ	Тип данных	Описание
Количество неправильных CRC-4	uint 16	Ошибки в кадре. Сумма ошибок CRC-4 по всем парам в группе агрегации, одновременные ошибки в m линиях должны подсчитываться m раз.
Количество неправильных CRC-6	uint 16	Ошибки в суперкадре. Сумма по всем парам в группе агрегации.
Количество неправильных CRC-8	uint 16	Количество искаженных событий/сообщений, сумма по всем парам в группе агрегации.

Все счетчики РМ "очищаются при чтении" и "фиксируются" ("stuck") при достижении максимального значения (65535).

Приложение А

Подстройка скорости модема

А.1 Введение

Настоящее Приложение содержит подробное описание блока подстройки скорости модема, который обеспечивает соединение по парам (модемам), которые не синхронизированы с временным доменом агрегации.

Цель настоящего Приложения – представить решение для соединения нескольких шлейфов с парами со скоростью, которая отклоняется от номинальной скорости $n \times 8$ кбит/с. Это отклонение может быть результатом любой из следующих двух причин:

- 1) Пара DSL не синхронизирована с временным доменом агрегации.
- 2) Номинальная частота пары DSL отличается от номинальной скорости $n \times 8$ кбит/с, поскольку технология DSL не гарантирует целочисленных значений, кратных 8 кбит/с (например, в случае использования АЦАП2).

При использовании подстройки скорости модема рисунки 1 и 6 в тексте основной части Рекомендации должны заменяться рисунками А.1 и А.2, соответственно.

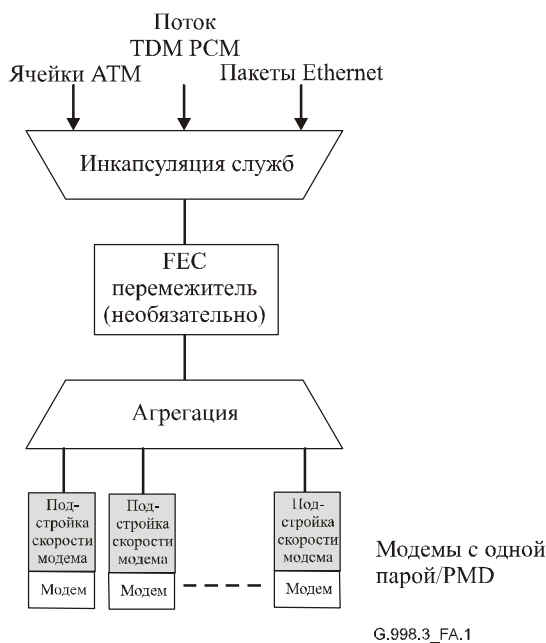


Рисунок А.1/G.998.3 – Измененный рисунок 1 – Модель потока данных



Рисунок А.6/G.998.3 – Измененный рисунок 6 – Эталонная модель тактовой синхронизации

Скорость АЦАЛ2 не может быть predetermined, чтобы обеспечить фиксированную скорость, кратную 8 кбит/с. Эта скорость может превышать требуемую скорость на значение до 8 кбит/с. Чтобы позволить такую работу, подстройка скорости модема должна обеспечить механизм, который способен увеличивать скорость на величину, достигающую 8 кбит/с.

Дополнительная адаптация скорости до ± 8 кбит/с предоставляется для того, чтобы устранить отклонение частоты (из-за отклонения частоты синхронизации в линии DSL, получаемой от генератора, который не синхронизирован с временным доменом агрегации). Подстройка ± 8 кбит/с может компенсировать отклонение частоты, составляющее более 70 частей на миллион, в случае работы пары на скорости 55,2 Мбит/с (VDSL). Таким образом, подстройка скорости модема определена для компенсации общего отклонения от -8 кбит/с до $+16$ кбит/с.

А.2 Принципы работы

- Механизм подстройки скорости модема включается/выключается для всей группы агрегации, а не для конкретных пар.
- Накладные расходы подстройки скорости модема занимают 8 кбит/с в каждой паре.
- Шаг изменения полезной нагрузки модема измеряется в байтах.
- Размер полезной нагрузки модема может изменяться в каждом субблоке соединения (длительностью 1 мс).
- Изменение размера полезной нагрузки модема может осуществляться по парам.
- BTU-R передает свои возможности в битах заголовка кадра In6[4:3], а BTU-C определяет рабочий режим по этим битам.
- Подстройка скорости модема может компенсировать общее отклонение от -8 кбит/с до $+16$ кбит/с.

A.3 Координация работы VTU-C и VTU-R

Использование подстройки скорости модема определяется VTU-C. VTU-R передает свои возможности в битах заголовка кадра In6[4:3], а VTU-C в ответ передает требуемый рабочий режим. Оба конца должны работать в одном и том же режиме.

Возможности для каждого VTU приведены в таблице A.1.

Таблица A.1/G.998.3 – Координация подстройки скорости модема между VTU-C и VTU-R

In6[4]	In6[3]	Передающий объект	
		VTU-R	VTU-C
0	1	Поддерживается только подстройка скорости модема. В этом случае ее должны поддерживать оба конца, чтобы осуществить соединение.	Установить рабочий режим на обоих концах на "подстройка скорости модема включена".
1	0	Подстройка скорости модема не поддерживается. В этом случае оба конца должны работать без нее.	Установить рабочий режим на обоих концах на "подстройка скорости модема отключена".
1	1	Подстройка скорости модема может быть включена или отключена.	Нет.

A.4 Формат кадра

Подстройка скорости модема создает дополнительные накладные расходы 8 кбит/с на одну пару DSL. Эти накладные расходы не используются, если подстройка скорости модема отключена.

Если подстройка скорости модема включена, то в каждый мини-кадр (длительностью 1 мс) после поля заголовка кадра добавляется дополнительный служебный байт (байт RM).

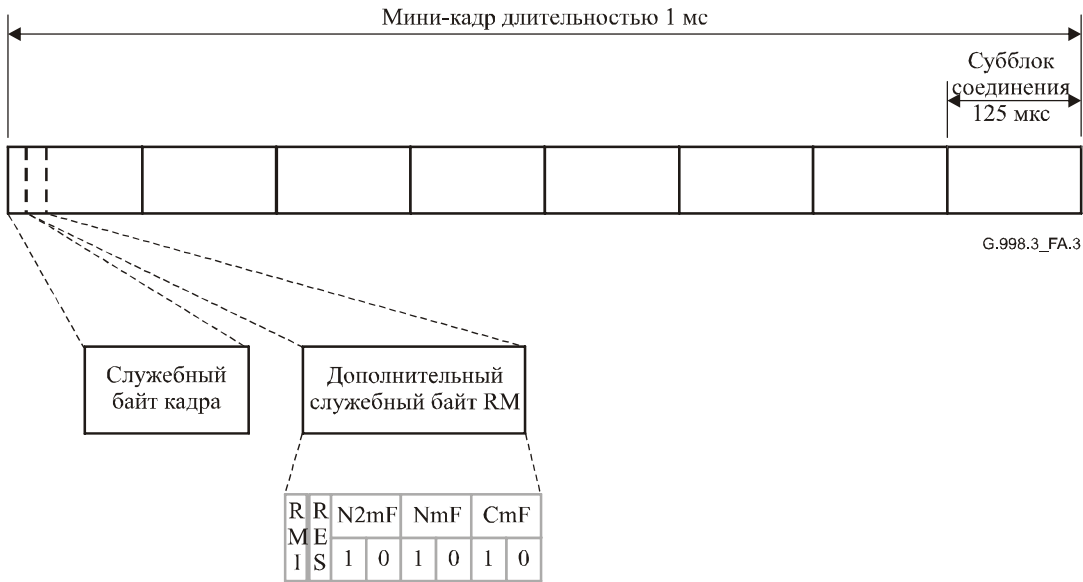


Рисунок A.3/G.998.3 – Синхронизация нескольких пар – Формат кадра при подстройке скорости модема

Поля в дополнительном служебном байте RM определены в таблице А.2.

Таблица А.2/G.998.3 – Поля в дополнительном служебном байте RM

Поле	Биты	Описание
RMI	7	Индикация накладных расходов подстройки скорости модема – установлена на "0".
RES	6	Зарезервирован для использования в будущем – установлен на "1".
N2mF	5:4	Эта операция должна выполняться в 2 мини-кадрах от текущего мини-кадра.
NmF	3:2	Эта операция должна выполняться в следующем мини-кадре.
CmF	1:0	Эта операция должна выполняться в текущем мини-кадре.

В таблице 3 определяются значения, используемые в полях N2mF, NmF и CmF.

Таблица А.3/G.998.3 – Значения полей N2mF, NmF и CmF

Значение	Описание
00	Один байт должен быть опущен в конце соответствующего мини-кадра.
01	Количество байтов в соответствующем мини-кадре равно их номинальному количеству.
10	В конце соответствующего мини-кадра должен добавляться один байт.
11	В конце соответствующего мини-кадра должны добавляться 2 байта.

BTU-C и BTU-R координируют рабочий режим подстройки скорости модема согласно п. А.3. Если подстройка скорости модема включена, то байт, следующий за служебным байтом заголовка кадра, должен быть дополнительным служебным байтом RM, таким образом, его MSB устанавливается на "0" (в то время как данные полезной нагрузки установлены на 0xE2 на стадии синхронизации).

А.5 Операция подстройки скорости модема

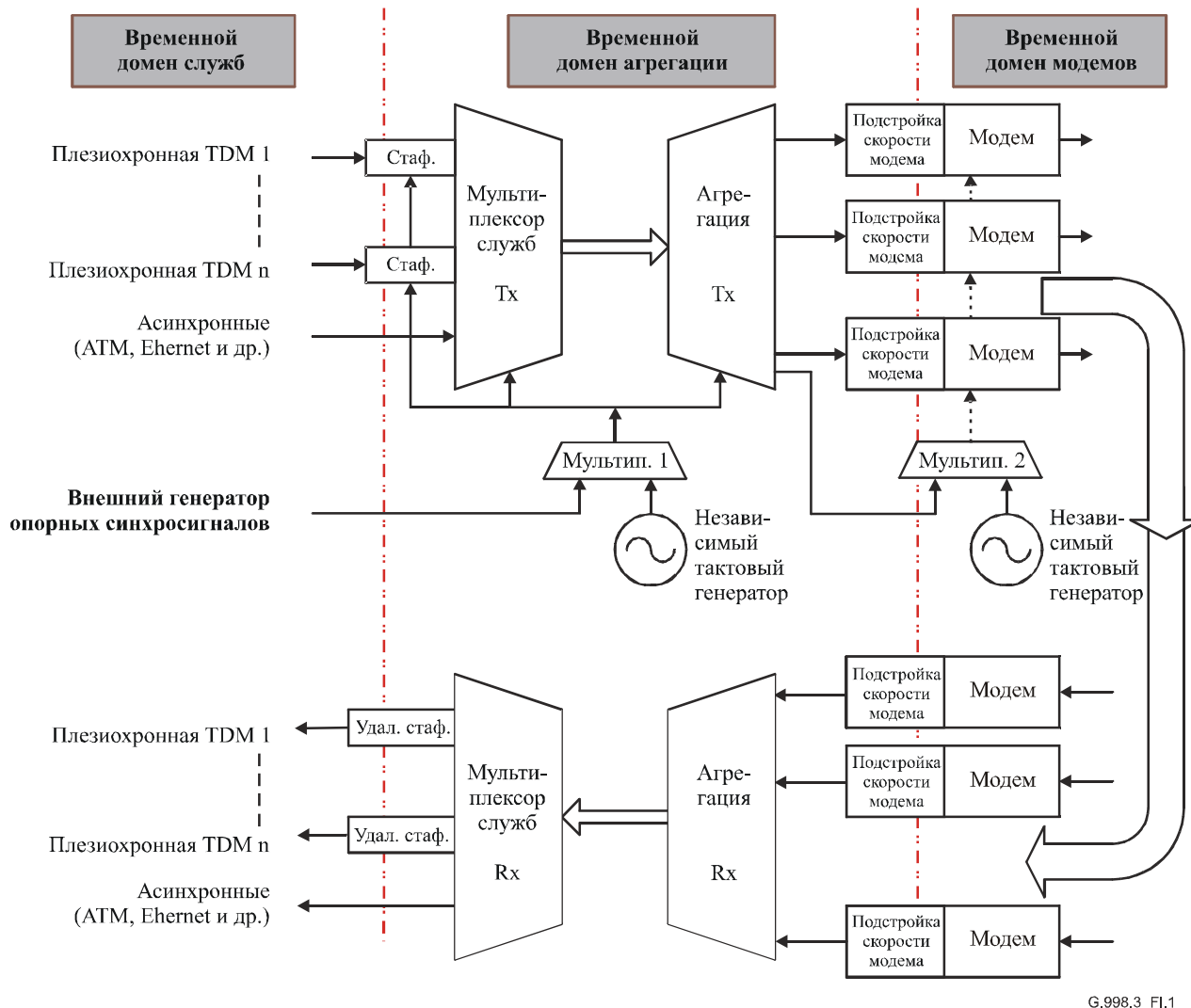
В каждом мини-кадре механизм подстройки скорости модема либо опускает байт, либо добавляет байт, либо добавляет 2 байта, либо передает номинальное количество байтов без изменения. Байт добавляется в последний субблок соединения мини-кадра или опускается из него.

Для каждого мини-кадра значения, используемые в полях N2mF, NmF и CmF, которые определяют требуемую операцию, передаются 3 раза: значение в поле N2mF указывает операцию, которая должна выполняться в 2 мини-кадрах от текущего мини-кадра, значение в поле NmF указывает операцию, которая должна выполняться в следующем мини-кадре, значение в поле CmF указывает операцию, которая должна выполняться в текущем мини-кадре. Получатель использует "большинство голосов" для того, чтобы выбрать требуемую операцию. Таким образом, может быть исправлена одиночная ошибка, которая может присутствовать в одном из полей.

Дополнение I

Примеры тактовой синхронизации

Приведенные ниже текст и рисунки носят информативный характер. На рисунке I.1 более детально показан механизм тактовой синхронизации.



G.998.3_F1.1

Рисунок I.1/G.998.3 – Равноправные временные домены и тактовая синхронизация

I.1 Домены синхронизации

В системе соединения TDIM имеются 3 домена тактовой синхронизации:

- **Домен синхронизации служб:** получает исходную синхронизацию от каждой плещиохронной службы TDM. Каждый генератор должен соответствовать требованиям к генератору службы TDM (например, отклонение частоты 32 частей на миллион для T1, 20 частей на миллион для T3).
- **Временной домен агрегации:** может быть синхронизован от внешнего генератора опорных синхросигналов или внутреннего независимого генератора (с помощью мультиплексора 1).
- **Временной домен модемов:** DSL-модемы могут работать в двух режимах синхронизации: синхронном и плещиохронном режимах. Синхронизацию можно получать от внутреннего независимого генератора или из временного домена агрегации (с помощью мультиплексора 2). В синхронном режиме все модемы используют синхронизацию по скорости передачи данных модема в качестве опорного генератора для своей линейной

скорости символов. В плезиохронном режиме каждый модем может использовать независимый генератор как опорный генератор для своей линейной скорости символов. Подстройка скорости модема требуется в плезиохронном режиме. Подстройка скорости модема может осуществляться внутри модема для технологий DSL, которые поддерживают ее (например, SHDSL), или как часть системы соединения вне модема для технологий DSL, которые работают только в синхронном режиме (например, АЦАЛ2).

I.2 Адаптация скоростей между доменами синхронизации

I.2.1 Между временным доменом служб и временным доменом агрегации

Адаптация скорости между временным доменом служб и временным доменом агрегации реализуется всегда.

Адаптация скорости не требуется для асинхронных служб, таких как Ethernet или ATM.

Адаптация скорости требуется для плезиохронных служб TDM. Она обеспечивается с помощью механизма стаффинга, который объясняется в п. 10.4 "Стаффинг служб TDM". Механизм стаффинга адаптирует скорость передачи данных каждой службы TDM к скорости передачи данных временного домена агрегации. Равноранговая система на FE производит обратную стаффингу операцию с данными и восстанавливает исходную синхронизацию службы TDM.

I.2.2 Между временным доменом агрегации и временным доменом модемов

Адаптация скорости между временным доменом агрегации и временным доменом модемов является **необязательной**.

Если DSL-модемы поддерживают плезиохронный режим (например, G.991.2), то адаптация скорости производится модемами с помощью их возможности стаффинга. Если DSL-модемы поддерживают только синхронный режим (например, АЦАЛ2), то адаптация скорости между временным доменом агрегации и временным доменом модемов осуществляется в блоке подстройки скорости модема (см. рисунок I.2.)

I.3 Режимы работы с синхронизацией

Система соединения может выбрать работу с синхронизацией шлейфа или со сквозной синхронизацией, как показано на рисунке I.2.

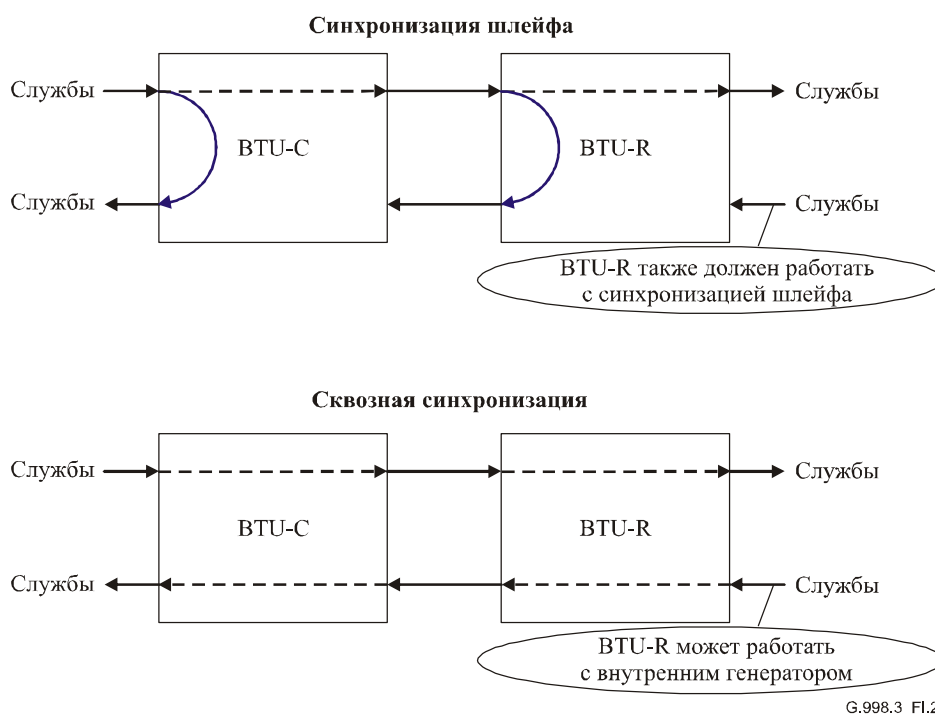


Рисунок I.2/G.998.3 – Синхронизация шлейфа и сквозная синхронизация

I.4 Примеры

I.4.1 Плезиохронные службы, внешний генератор опорных синхросигналов, синхронизация шлейфа и плезиохронные DSL-модемы

На рисунке I.3 подстройка скорости модема осуществляется в рамках плезиохронных DSL-модемов.

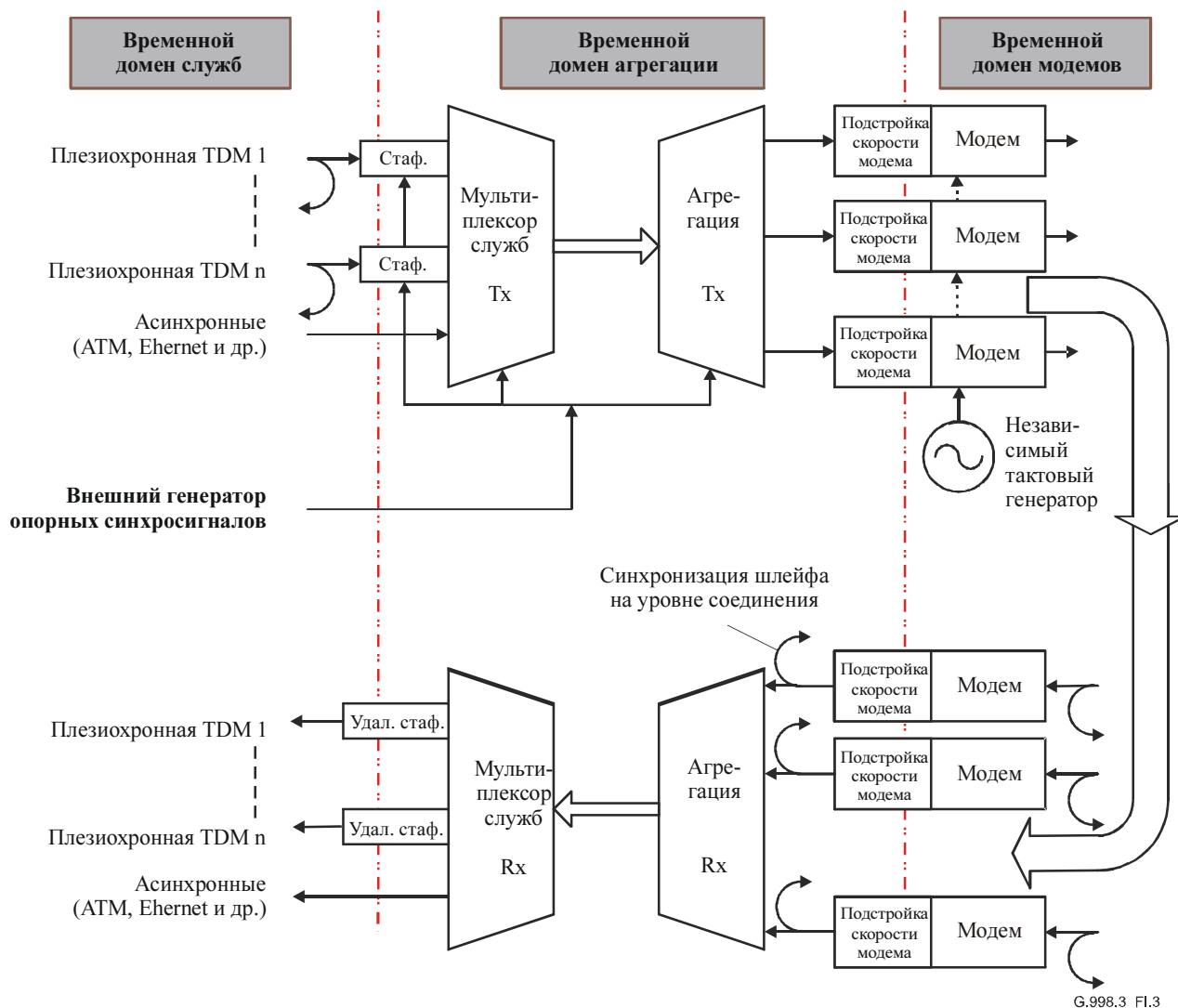


Рисунок I.3/G.998.3 – Пример плезиохронных служб с внешним генератором опорных синхросигналов

1.4.2 Плезиохронные службы, внешний генератор опорных синхросигналов отсутствует, синхронизация шлейфа и синхронные DSL-модемы

На рисунке 1.4 подстройка скоростей модемов является частью системы соединения, внешней по отношению к синхронным DSL-модемам.

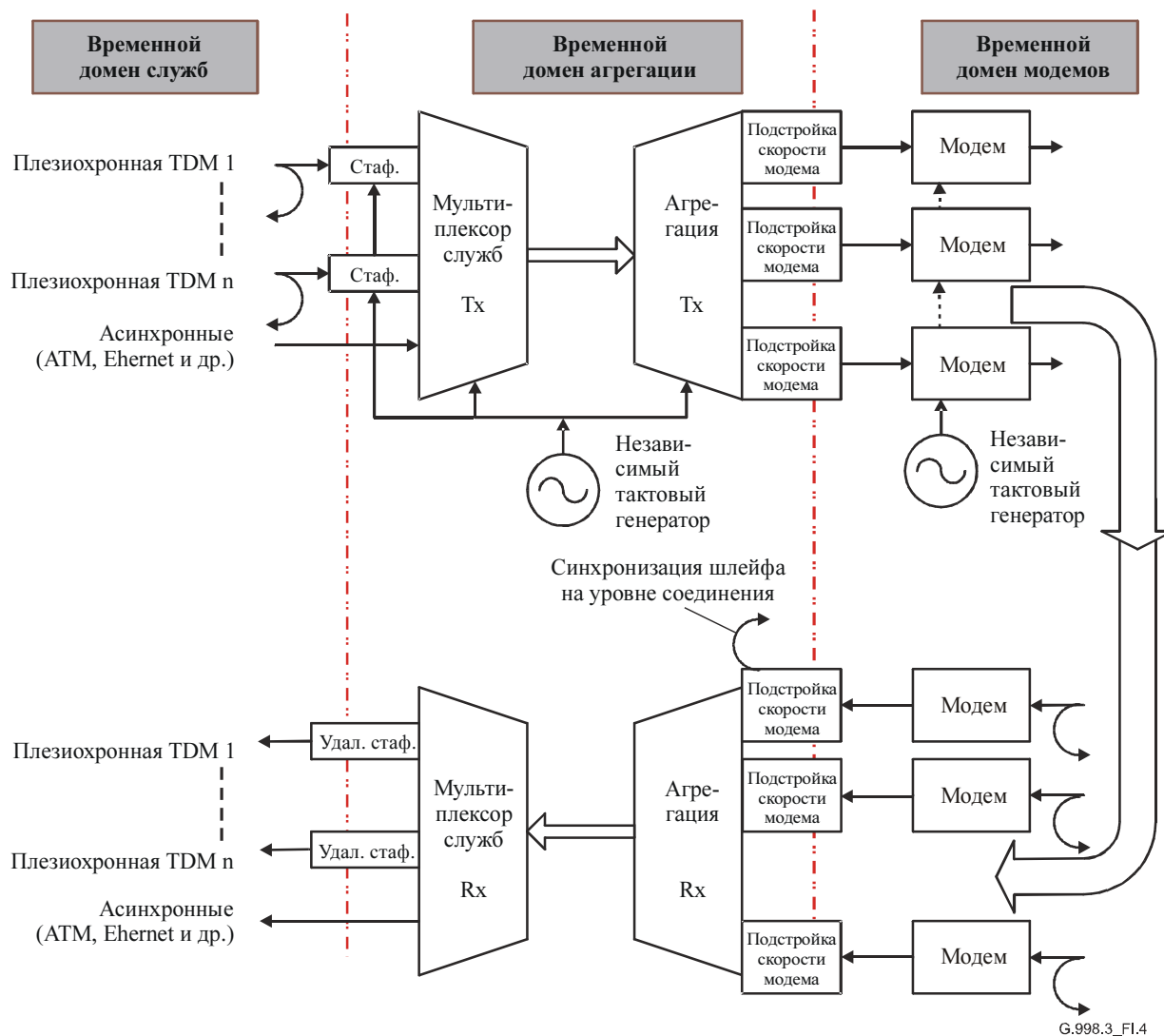
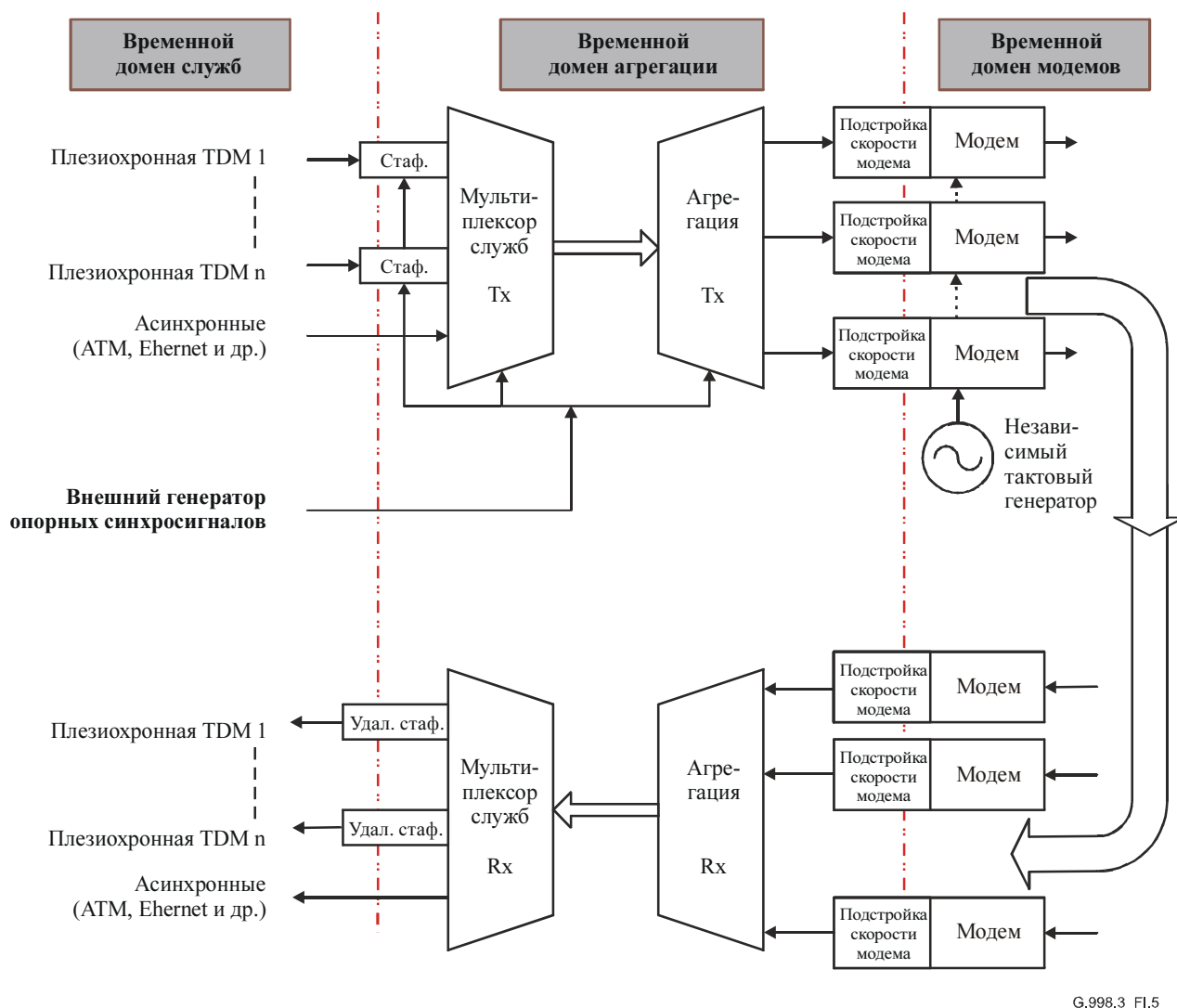


Рисунок 1.4/G.998.3 – Пример плезиохронных служб, внешний генератор опорных синхросигналов отсутствует, синхронизация шлейфа и синхронные DSL-модемы

I.4.3 Плезиохронные службы, внешний генератор опорных синхросигналов, сквозная синхронизация и плезиохронные DSL-модемы

На рисунке I.5 подстройка скоростей модемов осуществляется в рамках плезиохронных DSL-модемов.



G.998.3_F1.5

Рисунок I.5/G.998.3 – Пример плезиохронных служб, внешний генератор опорных синхросигналов, сквозная синхронизация и плезиохронные DSL-модемы

I.4.4 Плезиохронные службы, внешний генератор опорных синхросигналов отсутствует, сквозная синхронизация и синхронные DSL-модемы

На рисунке I.6 подстройка скоростей модемов не требуется, поскольку DSL-модемы синхронизированы с распределением синхронизации на уровне агрегации и с временным доменом агрегации. Этот пример применим к SHDSL-модемам, но не к АЦАЛ2-модемам.

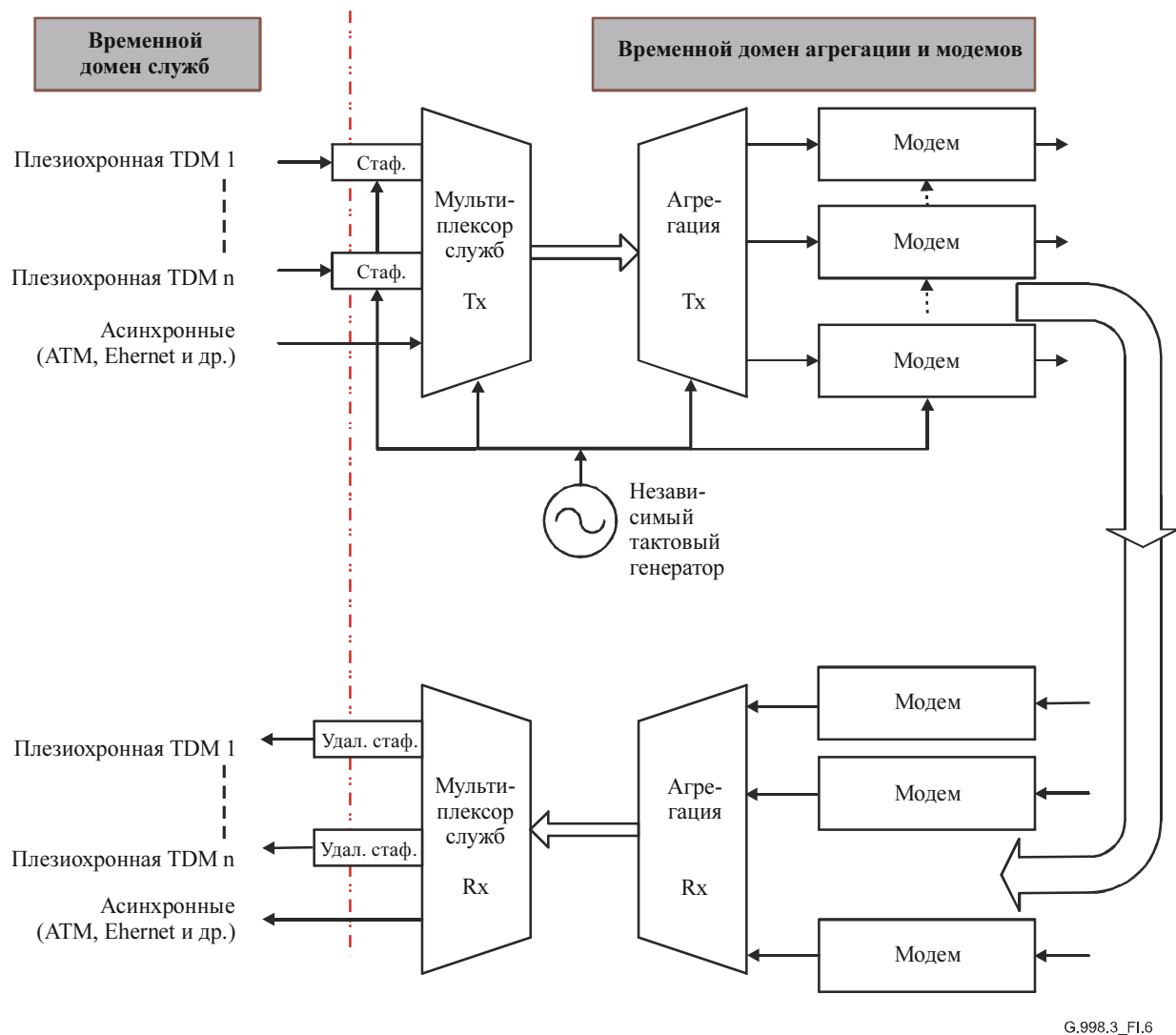


Рисунок I.6/G.998.3 – Пример плещиохронных служб, внешний генератор опорных синхросигналов отсутствует, сквозная синхронизация и синхронные DSL-модемы

Дополнение II

Объекты управления

В данном Дополнении содержится спецификация уровня управления для функциональности M²DSL устройств TDIM, в которых реализована настоящая Рекомендация. Оно охватывает обеспечение группы агрегации, предоставление служб, обеспечение FEC/перемежения, рабочие характеристики группы и состояния пары.

а) *Модель управления и включение*

і) **Управляемые объекты**

Следующие объекты обеспечивают функциональность управления для протокола TDIM:

oGroup Этот класс управляемых объектов предоставляет управляющие элементы, необходимые для обеспечения возможности управления экземпляром соединенной группы.

oService Этот класс управляемых объектов предоставляет управляющие элементы, необходимые для обеспечения возможности управления экземпляром службы в соединенной группе.

oPair Этот класс управляемых объектов предоставляет управляющие элементы, необходимые для обеспечения возможности управления экземпляром пары.

ii) **Возможности**

В настоящей Рекомендации используется концепция *пакетов*, определенная в стандарте ИСО/МЭК 10165-4:1992, как средство группирования поведения, атрибутов, действий и уведомлений в пределах определения класса управляемых объектов. Пакеты могут быть либо обязательными, либо условными, т. е. имеющимися в случае истинности данного условия. В рамках настоящей Рекомендации определяются *возможности*, каждая из которых соответствует набору пакетов, которые являются компонентами нескольких определений класса управляемых объектов и которые совместно используют одно и то же условие для наличия. Реализация соответствующих базовых и обязательных пакетов представляет собой минимальное требование для объявления соответствия управлению TDIM согласно Рекомендации МСЭ-Т G.998.3. Реализация всей необязательной возможности требуется для того, чтобы объявить о соответствии этой возможности. Возможности и пакеты для управления TDIM согласно Рекомендации МСЭ-Т G.998.3 определены в таблице II.1.

Таблица II.1/G.998.3 – Возможности управления TDIM

			Возможность соединения TDIM (обязательная)	Возможность FEC (необязательная)
Класс управляемых объектов oGroup				
aGroupID	АТРИБУТ	GET (ПОЛУЧИТЬ)	x	
aGroupEnd	АТРИБУТ	GET	x	
aGroupStatus	АТРИБУТ	GET	x	
aGroupCapacity	АТРИБУТ	GET	x	
aGroupRate	АТРИБУТ	GET	x	
aCRC4Errors	АТРИБУТ	GET	x	
aCRC6Errors	АТРИБУТ	GET	x	
aCRC8Errors	АТРИБУТ	GET	x	
aFECSupported	АТРИБУТ	GET	x	
aFECAdminState	АТРИБУТ	GET-SET (ПОЛУЧИТЬ-УСТАНОВИТЬ)		x
aFECWordSize	АТРИБУТ	GET-SET		x
aFECRedundancySize	АТРИБУТ	GET-SET		x
aFECПеремежительType	АТРИБУТ	GET-SET		x
aFECПеремежительDepth	АТРИБУТ	GET-SET		x
Класс управляемых объектов oService				
aServiceID	АТРИБУТ	GET	x	
aServiceType	АТРИБУТ	GET-SET	x	
aServiceSize	АТРИБУТ	GET-SET	x	
Класс управляемых объектов oPair				
aPairID	АТРИБУТ	GET	x	
aPairStatus	АТРИБУТ	GET	x	
aPairPhysicalID	АТРИБУТ	GET	x	
aPairRemotePhysicalID	АТРИБУТ	GET	x	

b) *Класс управляемых объектов oGroup*

i) **aGroupID**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения для однозначного определения группы соединения.

ii) **aGroupEnd**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

ENUM {subscriber, office}

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения для однозначного определения подтипа BTU. Значение subscriber (абонент) указывает, что BTU работает как BTU-R, значение office (АТС) указывает на то, BTU работает как BTU-C.

iii) **aGroupStatus**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

ENUM {Down, Init, Up}

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения, указывающее текущее состояние работы группы соединения.

iv) **aGroupCapacity**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER {1-32}

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения, определяющее максимальное количество ПАР (модемов), которые могут быть сгруппированы в группу, имеющую идентификатор GroupID.

v) **aGroupRate**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения, указывающее текущую суммарную скорость передачи данных группой соединения. Если aGroupStatus равно "Down" (неготовность) или "Init" (инициализация), то возвращается нулевое значение.

vi) **aFECSupported**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

BOOLEAN

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения, показывающее поддержку необязательной функции упреждающего исправления ошибок (FEC). BTU, который может выполнять FEC, должен вернуть значение "true" ("истина"). В противном случае должно быть возвращено значение "false" ("ложь").

vii) **aCRC4Errors**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

Универсальный невосстанавливаемый счетчик.

ОПИСАНИЕ:

Общее количество ошибок CRC-4 (ошибка заголовка кадра) во всех парах в группе агрегации, одновременные ошибки в М линиях должны подсчитываться М раз.

viii) **aCRC6Errors**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

Универсальный невосстанавливаемый счетчик.

ОПИСАНИЕ:

Общее количество ошибок CRC-6 (ошибок суперкадра) во всех парах в группе агрегации, одновременные ошибки в М парах должны подсчитываться 1 раз.

ix) **aCRC8Errors**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

Универсальный невосстанавливаемый счетчик.

ОПИСАНИЕ:

Общее количество ошибок CRC-8 (ошибка события/сообщения) во всех парах в группе агрегации, одновременные ошибки в М линиях должны подсчитываться М раз.

x) **aFECAdminState**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

ENUM { Enabled, Disabled }

ОПИСАНИЕ:

Значение для чтения/записи, которое указывает состояние необязательной функции FEC в группе агрегации.

Операция GET (ПОЛУЧИТЬ) возвращает текущее состояние функции FEC.

Операция SET (УСТАНОВИТЬ), допустимая лишь в BTU-C, изменяет состояние функции FEC на указанное значение, если только атрибут aFECSupported равен true (истина) и линия находится в состоянии неготовности. Если атрибут aFECSupported равен false (ложь) или линия не находится в состоянии неготовности, то эта операция не выполняет никаких действий.

xi) **aFECWordSize**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER {20-255}

ОПИСАНИЕ:

Значение для чтения/записи, определяющее длину кодового слова FEC в октетах.

Операция GET возвращает текущее значение длины кодового слова FEC, если состояние aFECAdminState равно enabled (включено). В противном случае возвращается максимальная поддерживаемая длина кодового слова FEC.

Операция SET, допустимая только в BTU-C, изменяет длину кодового слова FEC на указанное значение, только если атрибут aFECSupported равен true (истина) и линия не работает. Если атрибут aFECSupported равен false (ложь) или если линия не находится в состоянии неготовности, то эта операция не выполняет никаких действий.

xii) **aFECRedundancySize**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER {2, 4, 8, 16, 20}

ОПИСАНИЕ:

Значение для чтения/записи, определяющее длину слова избыточности FEC в октетах.

Операция GET возвращает текущее значение длины слова избыточности FEC, если атрибут aFECAdminState равен enabled (включено). В противном случае возвращается максимальная поддерживаемая длина слова избыточности FEC.

Операция SET, допускаемая лишь в BTU-C, изменяет длину слова избыточности FEC на указанное значение, если только атрибут aFECSupported равен true (истина) и линия находится в состоянии неготовности. Если атрибут aFECSupported равен false (ложь) или если линия не находится в состоянии неготовности, то эта операция не выполняет никаких действий.

xiii) **aFECInterleaverType**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

```
ENUM {  
    None,  
    Block,  
    Convolution  
}
```

ОПИСАНИЕ:

Значение для чтения/записи, определяющее тип перемежителя.

Операция GET возвращает текущее значение типа перемежителя, если атрибут aFECAdminState равен enabled (включен). В противном случае возвращается битовое представление, состоящая из максимальных поддерживаемых типов (например, "None" (нет), "Block" (блочный), "Convolution" (сверточный) или "Block"&"Convolution" (блочный и сверточный)).

Операция SET, допустимая лишь в BTU-C, изменяет тип перемежителя на указанное значение, если только атрибут aFECSupported равен true (истина) и линия находится в состоянии неготовности. Если aFECSupported равен false (ложь) или линия не находится в состоянии неготовности, то эта операция не выполняет никаких действий.

xiv) **aFECInterleaverDepth**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER {1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 96}

ОПИСАНИЕ:

Значение для чтения/записи, определяющее глубину перемежителя.

Операция GET возвращает текущее значение глубины перемежителя, если атрибут aFECAdminState равен enabled (включен). В противном случае возвращается максимальное поддерживаемое значение глубины.

Операция SET, допускаемая лишь в BTU-C, изменяет глубину перемежителя на указанное значение, если только атрибут FECSupported равен true (истина) и линия находится в состоянии неготовности. Если aFECSupported равен false (ложь) или линия не находится в состоянии неготовности, то эта операция не выполняет никаких действий.

c) *Класс управляемых объектов oServices*

i) **aServiceID**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER {1-60}

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения для однозначного определения службы. В устройстве соединения по TDIM допускается до 60 служб. В случае ухудшения полосы пропускания службы с меньшими значениями идентификаторов имеют более высокий приоритет.

ii) **aServiceType**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

ENUM {DS1, E1, NxDS0, NxE0, DS3, E3, Clock, Ethernet, ATM, GFPnoFCS, GFP}

ОПИСАНИЕ:

Значение для чтения/записи, определяющее тип службы BTU.

Операция GET возвращает присвоенное в текущий момент значение для конкретной службы, идентифицированной aServiceID.

Операция SET, допускаемая лишь в BTU-C, изменяет тип службы на указанное значение, если линия находится в состоянии неготовности. Если линия не находится в состоянии неготовности, то эта операция не выполняет никаких действий.

iii) **aServiceSize**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER

ОПИСАНИЕ:

Значение для чтения/записи, определяющее количество байтов в субблоке соединения для конкретной службы, идентифицированной aServiceID (количество каналов для

неполного DS1/E1 (NxDS0/NxE0) или максимальное количество байтов для асинхронных служб (Ethernet, ATM, GFPnoFCS и GFP)).

Операция GET возвращает текущее значение.

Операция SET, допустимая лишь в BTU-C, изменяет значение размера службы на указанное значение, если эта линия находится в состоянии неготовности. Если линия не находится в состоянии неготовности или если установленный тип службы является службой TDM с фиксированной скоростью (aServiceType равен DS1, E1, DS3, E3 или Clock), то эта операция не выполняет никаких действий.

d) *Класс управляемых объектов oPair*

i) **aPairID**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER {1-32}

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения для однозначного определения пары проводов (модема) в группе соединения, т. е. логический номер пары в группе агрегации. Это значение никогда не превышает атрибут aGroupCapacity.

ii) **aPairStatus**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

ENUM {Down, Handshake, Activation, Synching, Synched, Adding, InGroup, SyncLost, Removing}

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения, указывающее текущее состояние пары. Все состояния определены в п. 12.1 ("Управление парами и контроль пар").

iii) **aPairPhysicalID**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения, указывающее физический номер пары (помеченный на оборудовании).

iv) **aPairRemotePhysicalID**

АТРИБУТ

СИНТАКСИС:

INTEGER

ОПИСАНИЕ:

Значение только для чтения, указывающее физический номер удаленной пары (помеченный на оборудовании), связанной с местной парой, определенной атрибутом aPairID.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи